



# COLEGIO DE POSTGRADUADOS

---

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

## CAMPUS PUEBLA

POSTGRADO EN ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL

**CONOCIMIENTO TRADICIONAL Y CULTIVO *in vitro* DEL CUATOMATE  
(*Solanum glaucescens* Zucc).**

**ALFONSO MEDINA GALICIA**

**T E S I S**

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRO EN CIENCIAS**

PUEBLA, PUEBLA.

2011



**CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR  
Y DE LAS REGALÍAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACIÓN**

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, el que suscribe **Alfonso Medina Galicia** alumno de esta Institución, estoy de acuerdo en ser partícipe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta Institución, bajo la dirección del Profesor **Dr. Nicolás Gutiérrez Rangel** por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis **CONOCIMIENTO TRADICIONAL Y CULTIVO “in vitro” DEL CUATOMATE (*Solanum glaucescens* Zucc)** y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre del Colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, el Consejero o Director de Tesis y el que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Puebla, Puebla 30 de Junio de 2011

  
Alfonso Medina Galicia  
Firma

  
Dr. Nicolás Gutiérrez Rangel

Vo. Bo. Profesor Consejero o Director de Tesis

La presente tesis intitulada: **CONOCIMIENTO TRADICIONAL Y CULTIVO “in vitro” DEL CUATOMATE (*Solanum glaucescens* Zucc)**; realizada por el alumno: **Alfonso Medina Galicia**; bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS**

**ESTRATEGIAS PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA REGIONAL**

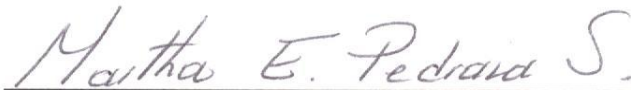
**CONSEJO PARTICULAR**

CONSEJERO:



DR. NICOLÁS GUTIÉRREZ RANGEL

ASESOR:



DRA. MARTHA ELENA PEDRAZA SANTOS

ASESOR:



DR. IGNACIO OCAMPO FLETES

ASESOR:



DR. PEDRO ANTONIO LÓPEZ

Puebla, Puebla, México, 30 de Junio de 2011

# CONOCIMIENTO TRADICIONAL Y CULTIVO *in vitro* DEL CUATOMATE (*Solanum glaucescens* Zucc).

Alfonso Medina Galicia, M.C.  
Colegio de Postgraduados, 2011

## RESUMEN

La Mixteca Baja Poblana es una región con altos índices de marginación y pobreza extrema. En ella existe una especie conocida como “cuatomate” cuya importancia reside en ser una alternativa para el desarrollo económico y social. Aunque se han desarrollado algunos trabajos sobre la especie, pocos contemplan la importancia del conocimiento campesino en su proceso de manejo, conservación y domesticación, para explicar su permanencia e importancia hasta nuestros días. También son poco conocidos aspectos importantes del cultivo tales como su reproducción, manejo y conservación. Por otra parte, la propagación de la especie por vía sexual tiene problemas porque sólo se obtienen 40% de individuos fértiles. La multiplicación asexual de la especie, por estacas, ya se realiza en la región; pero el proceso es lento y requiere de mucho material, lo que implica el uso irracional de la planta, que pone en riesgo su permanencia en el hábitat natural. Por ello, es necesario buscar alternativas de propagación asexual eficientes, masivas y rápidas como la propagación *in vitro*. Con base en lo anterior se llevaron a cabo dos estudios: El primero para conocer la importancia del cuatomate para los productores de la Mixteca Baja Poblana, los tipos que se conocen, su manejo, perspectivas y nivel de participación de la familia en el sistema de producción. En el segundo, se desarrolló una metodología (protocolo) para la propagación *in vitro* de cuatomate a partir de yemas axilares, que incluye preparación del material madre, establecimiento del cultivo aséptico, inducción y multiplicación de brotes, enraizamiento y aclimatación de las plántulas.

Palabras clave: Mixteca, protocolo, manejo, domesticación.

TRADITIONAL KNOWLEDGE AND *in vitro* CULTURE OF CUATOMATE (*Solanum glaucescens* Zucc).

Alfonso Medina Galicia, M.C.  
Colegio de Postgraduados, 2011

**SUMMARY**

The Mixteca Poblana in México is a region with high marginalization index and extreme poverty. A plant species, which is called “cuatomate” grows in this region and this species is important because it is an option for economic and social development of that area. Although some studies have been done in relation to this species, few of them address on the importance of the peasant knowledge for management, conservation, and domestication, in order to explain permanence and importance of this species nowadays. Also, reproduction system and management and conservation have been fairly studied. Sexual reproduction of the species has some issues because only 40% of fertile individuals are obtained. Asexual reproduction, by means of stakes is done at the region, but this process implies more time and much vegetative material, contributing to a non-rational use and threatening of the species into its natural habitat. Then, it is necessary to search for efficient, massive and rapid asexual reproduction methods, such as *in vitro* propagation. On the basis of information above, two studies were carried out: The first one was oriented to recognize the importance of cuatomate among peasants of the Mixteca Baja, and to identify different types of fruits, its management, perspectives, and participation of the families in the production system. In the second study, a protocol for *in vitro* propagation of cuatomate was developed, by using axillary buds, and this protocol includes preparation of the material parent, aseptic culture establishment, induction, and multiplication of buds, rooting, and seedlings acclimatization.

**Keywords:** Mixteca, Protocol, Management, Domestication.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por brindarme el financiamiento que permitió la realización de mis estudios de postgrado en Estrategias para el Desarrollo Agrícola Regional.

Al Colegio de Postgraduados Campus Puebla por coadyuvar a mi formación académica, profesional y por el apoyo moral desde el principio hasta el fin de mi estancia en esta prestigiosa institución.

A mi consejero el Dr. Nicolás Gutiérrez Rangel, por todas sus enseñanzas, su paciencia y su preocupación por mi formación desde el inicio hasta el final para la culminación de esta tesis; agradezco su calidad académica pero sobre todo su calidad humana.

A la Dra. Martha Elena Pedraza por su apoyo incondicional y desinteresado para lograr nuestro objetivo, a quien agradezco su excelente calidad académica y humana; pieza fundamental en esta investigación a quien debo con profunda gratitud por abrirme las puertas en su institución.

Al Dr. Ignacio Ocampo Fletes por su apoyo incondicional y por sus consejos precisos para elevar mi calidad académica y humana en la realización del presente trabajo. A quien agradezco profundamente por orientarme y compartir su experiencia profesional.

Al Dr. Pedro Antonio López a quien agradezco profundamente por sus consejos, por las observaciones precisas y el tiempo brindado para llegar a buen fin de esta tesis.

A la DGETA y a su coordinador en Puebla, al Ing. Héctor René Becerril Toral por su apoyo e impulso para lograr mi formación personal e institucional.

Al CBTa No. 110 y a su director el Ing. Enrique Carvajal Gomezcaña por su apoyo incondicional durante todo este proceso en mi formación y a quien debo fundamentalmente por su elevada consciencia y empeño para lograr este grado.

A la “CASA DEL ESTUDIANTE SERRANO” en la ciudad de Puebla y la casa estudiantil “ESPARTACO” en Uruapan, Michoacán; por todas las facilidades y apoyo otorgado, con quien estoy profundamente agradecido por haberme acobijado.

A la Facultad de Agrobiología “Presidente Juárez” por abrirme sus puertas y poder ejecutar los trabajos de la presente investigación.

A l@s productor@s de cuatomate de los municipios de Tehuizingo, Chinantla, Píaxtla, Tecomatlán y Tulcingo del Valle por su sencillez y con quienes me siento profundamente identificado por su valiosísima colaboración.

A la línea prioritaria de investigación número 6 “Conservación y Mejoramiento de Recursos Genéticos” del Campus Puebla a la que debo la intervención para completar mi formación y realizar la investigación con ese enfoque.

A todos los Doctores del Colegio de Postgraduados Campus Puebla que de forma directa o indirecta contribuyeron a mi formación.

## DEDICATORIA

A la memoria de mi Padre el Sr. Alfonso Medina Ayala (†) quien siempre estaba atento a mis logros y pendiente de cada instante en mi formación. Tu enseñanza y tu ejemplo siguen cundiendo en mi alma. Donde quiera que estés mil gracias.

A mi madre la Sra. Marina Galicia Blanco por darme la vida, sobre todo por cultivarla paso a paso; a quien llevo en mi mente en todo instante y a quien debo esa enorme comprensión y sensibilidad digna de una mujer.

Al Líder de los pobres de México. Al ingeniero Aquiles Córdova Moran por su ejemplo histórico para construir al hombre nuevo.

Al Seccional de Tecamatlán dirigido por el Maestro Éleusis Córdova Morán a quien debo profundo respeto por su trabajo inigualable por los mas necesitados en la Mixteca.

A la Maestra Dánae Córdova Moran a quien considero mi segunda madre. Por su apoyo, por su comprensión y por su impulso. Gracias por su excelente humanidad.

A mis hermanos y hermanas Filiberto, Rosario, Elizabeth, Socorro, Blanca, Juan, Lupe, Lucía, Érica, Adela y Sandy. A quienes recuerdo con especial aprecio por lo adverso que fue nuestra niñez. Los quiero mucho.

A la mujer de mi vida. A Nieves Lidia por su amor, respeto y paciencia en nuestro proyecto de vida.

A todos mis profesores, amigos, alumnos y compañeros que se adelantaron en el camino por creer en mí. ¡Triunfamos!



## CONTENIDO

RESUMEN.....	iv
SUMMARY.....	v
INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
Planteamiento del problema.....	2
Objetivo general.....	4
Objetivos particulares.....	4
Organización de la tesis.....	4

### I. CONOCIMIENTO TRADICIONAL DEL CUATOMATE (*Solanum glaucescens* Zucc) EN LA MIXTECA BAJA POBLANA

RESUMEN.....	6
SUMMARY.....	7
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	8
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	10
Área de estudio.....	10
Técnica de investigación.....	11
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	11
Importancia del cultivo .....	11
Características de los productores relacionados con el cuatomate.....	12
Tipos de cuatomate.....	13
Espacio productivo.....	15
Propagación y establecimiento del huerto.....	16
Tutoreo.....	19
Fertilización.....	19

Riego.....	20
Plagas y Enfermedades.....	20
Cosecha.....	20
Organización familiar para el manejo del cuatomate.....	21
Valor de uso y valor de cambio del cuatomate.....	21
Perspectivas del cuatomate en cuanto a producción, precio, demanda industrialización.....	22
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>24</b>

## II. CULTIVO *in vitro* DE CUATOMATE (*Solanum glaucescens* Zucc)

### POR YEMAS AXILARES

RESUMEN.....	27
SUMMARY.....	27
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>28</b>
<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>30</b>
Preparación de las plantas madre (Fase 0).....	30
Establecimiento del cultivo aséptico (Fase I).....	31
Multiplicación de brotes (Fase II).....	31
Concentraciones de ácido Naftalenacético (ANA) y benciladenina (BA) en la inducción de brotes de cuatomate.....	31
Posición de las yemas (explantes) respecto al ápice de la planta y multiplicación de brotes en cuatomate.....	32
Proporción de sales minerales del medio MS y concentración de sacarosa en la multiplicación de brotes de cuatomate.....	32
Tipo y concentración de citocininas en la multiplicación de brotes de cuatomate.....	33
Enraizamiento <i>in vitro</i> (Fase III).....	33

Aclimatación de plantas (Fase IV).....	33
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>34</b>
Establecimiento del cultivo aséptico (Fase I).....	34
Multiplicación de brotes (Fase II).....	36
Concentraciones de ácido Naftalenacético (ANA) y benciladenina (BA) en la inducción de brotes de cuatomate.....	36
Posición de las yemas (explantes) respecto al ápice de la planta e inducción de brotes en cuatomate.....	41
Proporción de sales minerales del medio MS y concentración de sacarosa en la multiplicación de brotes de cuatomate.....	42
Tipo (CIT) y concentración (CONC) de citocininas en la multiplicación de brotes de cuatomate.....	44
Enraizamiento <i>in vitro</i> (Fase III).....	46
Aclimatación de plantas (Fase IV).....	49
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>50</b>
<b>III. CONCLUSIONES GENERALES.....</b>	<b>51</b>
<b>IV. ESTRATEGIA PARA DESARROLLAR EL SISTEMA DE PRODUCCION     DEL CUATOMATE EN LA MIXTECA BAJA POBLANA</b>	
Introducción.....	52
<b>Elementos de la estrategia para el desarrollo del cultivo de cuatomate en la     Mixteca Baja Poblana.....</b>	<b>53</b>
Coordinación.....	53
Organización de productores.....	54
Financiamiento.....	54

Investigación y Desarrollo Tecnológico.....	55
Capacitación y Asistencia Técnica.....	55
Comercialización.....	56
Infraestructura.....	56
Provisión de Insumos.....	56
Evaluación y Control.....	57
<b>Actores.....</b>	<b>57</b>
<b>Función sustancial de los actores.....</b>	<b>58</b>
Productores.....	58
Instituciones Gubernamentales.....	58
Instituciones Financieras.....	58
Instituciones Educativas.....	58
Autoridades Municipales y Federales.....	58
<b>Contribución del trabajo realizado a la estrategia propuesta.....</b>	<b>59</b>
<b>Protocolo de propagación in vitro de cuatomate.....</b>	<b>59</b>
Fase I.....	60
Fase II.....	60
Fase III.....	60
Fase IV.....	61
<b>V. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>62</b>

## INDICE DE CUADROS

### CAPÍTULO I.

Cuadro 1. Métodos de obtención y establecimiento de plantas de cuatomate en la Mixteca Baja Poblana.....	17
Cuadro 2. Valor de uso de distintos órganos de las plantas de cuatomate en la Mixteca Baja Poblana.....	22
Cuadro 3. Apreciaciones de los productores sobre las perspectivas para la producción a futuro de los tipos de cuatomate ( <i>Solanum glaucescens Zucc</i> ) identificados en la Mixteca Baja Poblana y razones que las sustentan.....	23
Cuadro 4. Perspectivas del cuatomate ( <i>Solanum glaucescens Zucc</i> ) respecto a su producción, precio y demanda en la Mixteca Baja Poblana.....	24

### CAPÍTULO II.

Cuadro 5. Análisis de varianza (cuadrados medios y significancia) del efecto de medio de cultivo (MED) y concentración de hipoclorito de sodio (CONC), en tres variables medidas en explantes de cuatomate en la etapa de establecimiento <i>in vitro</i> .....	35
Cuadro 6. Efecto del medio de cultivo en los porcentajes de explantes con brote de cuatomate, en la etapa de establecimiento del cultivo <i>in vitro</i> .....	36
Cuadro 7. Efecto de la concentración de hipoclorito de sodio en los porcentajes de contaminación y de explantes con brote de cuatomate, en el establecimiento del cultivo <i>in vitro</i> .....	37
Cuadro 8. Análisis de varianza (cuadrados medios y significancia) del efecto de Benciladenina (BA) y ácido Naftalenacético (ANA) en la supervivencia (SPV), brotes por explante (NBE), diámetro de brote (DB), longitud de brote (LB) y hojas expandidas (NHE) en explantes de cuatomate en la etapa de multiplicación de brotes <i>in vitro</i> . .....	38
Cuadro 9. Análisis de varianza (cuadrados medios y significancia) del efecto de la proporción de sales minerales del medio (SAL) y la concentración de	

sacarosa (SAC), en cinco variables medidas en explantes de cuatomate cultivados <i>in vitro</i> , en la etapa de inducción de brotes. ....	43
Cuadro 10. Análisis de varianza (cuadrados medios y significancia) del efecto del tipo (CIT) y concentración (CONC) de citocininas en cinco variables medidas en explantes de cuatomate en la etapa de multiplicación de brotes <i>in vitro</i> .....	46
Cuadro 11. Análisis de varianza (cuadrados medios y significancia) del efecto del tipo (AUX) y concentración (CONC) de auxinas en siete variables medidas en explantes de cuatomate en la etapa de enraizamiento <i>in vitro</i> .....	48

## INDICE DE FIGURAS

### CAPÍTULO I

Figura 1. Área de trabajo y ubicación de los municipios estudiados, en el estado de Puebla.....	10
Figura 2. Tipos de cuatomate y proporciones en las que los mencionan los productores de la Mixteca Baja Poblana: a) verde, b) blanco y, c) moteado.....	14
Figura 3. Origen de las plantas de cuatomate establecidas en los huertos de la Mixteca Baja Poblana.....	16
Figura 4. Edad de las plantas de cuatomate en huertos de la Mixteca Baja Poblana.....	16
Figura 5. Proporción de productores que identifican las plantas fértiles e infértiles de cuatomate al momento del trasplante en la Mixteca Baja Poblana.....	18
Figura 6. Proporciones de plantas fértiles de cuatomate que se obtienen en la Mixteca Baja Poblana, tanto por reproducción sexual como asexual.....	18
Figura 7. Perspectiva económica del cuatomate ( <i>Solanum glaucescens</i> Zucc) en la Mixteca Baja Poblana desde el punto de vista campesino.....	24

### CAPÍTULO II

Figura 8. Interacción BA*ANA en la supervivencia de explantes de cuatomate en la etapa de multiplicación de brotes <i>in vitro</i> . DMS: diferencia mínima significativa (Tukey, $P \leq 0.05$ ).....	39
Figura 9. Efecto de la interacción de BA*ANA en el número de brotes por explante en la fase de multiplicación del cultivo <i>in vitro</i> . DMS: diferencia mínima significativa (Tukey: $P \leq 0.05$ ).....	39
Figura 10. Interacción benciladenina (BA) por ácido naftalenacético (ANA) en el diámetro de brotes de cuatomate en la etapa de multiplicación del cultivo <i>in vitro</i> . DMS: diferencia mínima significativa (Tukey: $P \leq 0.05$ ).....	41
Figura 11. Efecto de BA en la longitud de brotes de cuatomate en la etapa de	

multiplicación del cultivo <i>in vitro</i> . DMS: diferencia mínima significativa (Tukey: $P \leq 0.05$ ). .....	41
Figura 12. Efecto del ANA en la longitud de brotes de cuatomate en la etapa de multiplicación del cultivo <i>in vitro</i> . DMS: diferencia mínima significativa (Tukey: $P \leq 0.05$ ).....	42
Figura 13. Efecto de ANA sobre el número de hojas expandidas en brotes de cuatomate cultivados <i>in vitro</i> (DMS: diferencia mínima significativa; Tukey: $\leq 0.05$ ).....	42
Figura 14. Interacción de la proporción de sales minerales del medio (MS) y la concentración de sacarosa (AZU) en la supervivencia de explantes de cuatomate cultivados <i>in vitro</i> . DMS: diferencia mínima significativa (Tukey, $P \leq 0.05$ ).....	44
Figura 15. Efecto de la proporción de sales minerales del medio MS en el número de hojas expandidas de brotes de cuatomate cultivados <i>in vitro</i> (DMS: diferencia mínima significativa (Tukey, $P \leq 0.05$ )).....	44
Figura 16. Efecto de la proporción de sales del medio MS en el número (a) y longitud (b) de brotes de cuatomate cultivados <i>in vitro</i> . DMS: diferencia mínima significativa (Tukey, $P \leq 0.05$ ).....	45
Figura 17. Interacción tipo de citocinina por concentración en la supervivencia de brotes de cuatomate en la etapa de multiplicación <i>in vitro</i> . DMS: diferencia mínima significativa (Tukey, $P \leq 0.05$ ).....	46
Figura 18. Efecto del tipo de citocininas en la longitud de brotes (a) y en el número de hojas expandidas (b) de cuatomate en la fase de multiplicación <i>in vitro</i> . DMS: diferencia mínima significativa (Tukey, $P \leq 0.05$ ).....	47
Figura 19. Interacción auxina por concentración en el número (a) y longitud (b) de brotes de cuatomate en la fase de enraizamiento <i>in vitro</i> . DMS: diferencia mínima significativa (Tukey, $P \leq 0.05$ ).....	48
Figura 20. Interacción auxina por concentración en el diámetro de brote (a) y el número de hojas expandidas (b) de cuatomate en la fase de enraizamiento <i>in vitro</i> . DMS: diferencia mínima significativa (Tukey, $P \leq 0.05$ ).....	49
Figura 21. Interacción auxina por concentración en el número (a) y longitud (b) de raíces de cuatomate cultivado <i>in vitro</i> . DMS: diferencia mínima significativa (Tukey: $P \leq 0.05$ ).....	50



Figura 22. Efecto del tipo y concentración de auxinas en el enraizamiento <i>in vitro</i> de cuatomate ( <i>Solanum glaucescens</i> Zucc.). ANA: ácido naftalén acético. AIB: ácido indol butírico.....	51
Figura 23. Proceso de aclimatación de plántulas de cuatomate propagadas <i>in vitro</i> : a) desprendimiento de la hoja inferior, b) aparición de nuevos brotes, c y d) expansión de hojas.....	52
Figura 24. Elementos de la estrategia para el desarrollo del cultivo de cuatomate en la Mixteca Baja Poblana (Adaptado de García <i>et al.</i> , 2004 y Jiménez, 2010).....	55

## INTRODUCCIÓN GENERAL

México es considerado como un país mega diverso (Rzedowski, 1978), como producto del sinnúmero de condiciones ambientales que predominan en él (Basurto *et al.*, 2008); ocupa el cuarto lugar en diversidad a nivel mundial (CONABIO, 2000) y se caracteriza porque ésta se relaciona con valores ecológicos, genéticos, sociales, económicos, científicos, educativos, culturales, recreativos y estéticos (CCA, 2004). Esta situación le confiere una enorme riqueza en recursos genéticos considerados estos como elementos biológicos con información genética de valor y/o utilidad real o potencial que constituyen la base de la humanidad, suplen sus necesidades básicas y contribuyen a contrarrestar el hambre y la pobreza (Estrella *et al.*, 2005).

Bajo este contexto, en la región conocida como Mixteca Baja Poblana existe una especie denominada Cuatomate (*Solanum glaucescens* Zucc), planta silvestre, perenne, semileñosa y de tipo trepador en proceso de domesticación, ampliamente utilizada para el consumo humano a nivel local. Esta especie es un recurso fitogenético íntimamente ligado al conocimiento campesino, con un amplio sentido de uso, valor y funciones específicas (Cuevas y Estrada, 1988); por ello, se ha creado una demanda insatisfecha, que se incrementa aceleradamente por el hecho de que los emigrantes Mixtecos lo transportan, comercializan y promueven en los Estados Unidos de Norteamérica (González, 1999).

Los campesinos de la Mixteca Baja Poblana han sido promotores de la domesticación de esta especie. Su conocimiento se materializa en el establecimiento, manejo y conservación de huertos familiares; procesos en los que están involucrados los miembros de la familia. Así, este sistema campesino adquiere importancia social, económica, ecológica y cultural (Cuevas y Estrada, 1988).

Actualmente, el cuatomate contribuye al enriquecimiento y diversificación alimentaria de los habitantes de la región (Vargas, 1998) y su demanda acelera el proceso de domesticación; pero indirectamente propicia el deterioro de su hábitat y con ello

favorece la desaparición de la especie en dicho medio. Por lo anterior, se requieren acciones encaminadas al aprovechamiento de la especie en el marco del desarrollo sustentable.

El conocimiento campesino del cuatomate ha sido fundamental para la permanencia del cultivo y la transmisión del cúmulo de experiencias a través de generaciones; sin embargo, hasta ahora existen muy pocos trabajos de investigación que hagan referencia a su importancia, diversidad, manejo y conservación.

Por otro lado, aunque el cuatomate se propaga por de semillas y estacas (Medina *et al.*, 2009); los procesos son lentos, supeditados a determinadas épocas del año y aún no se dominan bien. La propagación sexual generalmente resulta exitosa, pero sólo se obtiene el 40% de plantas productivas (González, 1999), debido a que presentan el fenómeno de heterostilia. Esto obliga a buscar un método de propagación rápido para obtener sólo plantas fértiles; en ese sentido, el uso de técnicas modernas como el cultivo *in vitro* ofrece buenas perspectivas.

Por lo anterior, se realizó una sistematización del conocimiento campesino del cuatomate en cinco municipios de la Mixteca Baja Poblana y se desarrolló una metodología de propagación *in vitro* (protocolo) de la especie para la obtención de plantas fértiles.

## **Planteamiento del problema**

La Mixteca Baja Poblana es una región con altos índices de marginación y pobreza extrema. En esta región existe una especie conocida como “cuatomate” cuya importancia reside en ser una alternativa para el desarrollo económico y social. Los campesinos han sido promotores de la domesticación de esta especie al cultivarla en sus huertos familiares o parcelas, lo que repercute directamente en la conservación de este recurso fitogenético. Aunque se han desarrollado algunos trabajos sobre la especie, pocos contemplan la importancia del conocimiento campesino en su proceso de manejo, conservación y domesticación, para explicar su permanencia e importancia

hasta nuestros días, como producto de las experiencias acumuladas por varias generaciones. También son poco conocidos aspectos importantes del cultivo tales como su reproducción, manejo y conservación.

Por lo anterior, surge la necesidad de identificar y sistematizar el conocimiento de los campesinos sobre la importancia, propagación, manejo, conservación y comercialización del cuatomate. Por ello, al respecto se plantean las siguientes interrogantes: ¿Cuál es la importancia del cuatomate en la Mixteca Baja Poblana? ¿Cuáles son las características de los productores de cuatomate? ¿Cuáles son los tipos que existen? ¿En qué condiciones se cultivan? ¿Qué prácticas tecnológicas conocen los campesinos para su reproducción, manejo y conservación? ¿Cuál es la participación de la familia? ¿Cuáles son sus valores de uso y de cambio? ¿Cuáles son sus perspectivas en cuanto a producción, precio, demanda e industrialización?

Por otra parte, la propagación asexual de la especie, principalmente por estacas, ya se realiza en la región; pero el proceso es lento y requiere de mucho material, lo que implica el uso irracional de la planta y pone en riesgo la permanencia del cuatomate en su hábitat natural.

Dado que los campesinos de la Mixteca manifiestan interés para adquirir plantas fértiles de calidad y con garantía productiva, es necesario buscar alguna alternativa de propagación asexual eficiente, masiva y rápida como la propagación *in vitro*.

Ya se ha intentado desarrollar una metodología para la propagación *in vitro* del cuatomate, pero hasta ahora los resultados han sido nulos debido a problemas de oxidación, contaminación y desbalances hormonales (González, 1999; García *et al.*, 2003; Hernández, 2004 y Galaviz, 2010).

Con base en lo anterior, se formularon las siguientes interrogantes: ¿Es posible superar esas dificultades y desarrollar una metodología (protocolo) de propagación asexual *in*

*in vitro* para multiplicar masivamente esta especie? ¿La propagación *in vitro* representa una buena alternativa para obtener las plantas que el campesino necesita?

### **Objetivo general**

Rescatar el conocimiento campesino sobre el cuatomate en la Mixteca Baja Poblana y desarrollar un método de propagación asexual eficiente.

### **Objetivos Particulares**

Sistematizar el conocimiento campesino sobre la importancia, propagación, manejo, conservación y perspectivas del cuatomate en la Mixteca Baja Poblana.

Desarrollar una metodología para la propagación *in vitro* del cuatomate, que permita la obtención de plantas fértiles y con calidad.

### **Organización de la tesis**

Además de esta parte introductoria, la tesis consta de cuatro capítulos: El primero I se titula: "Conocimiento tradicional del cuatomate (*Solanum glaucescens* Zucc) en la Mixteca Baja Poblana". En él se desarrollan primero algunos conceptos importantes sobre el tema y enseguida se presenta la metodología del estudio. En los resultados, se hace una caracterización de los productores en cuanto a su edad, grado de escolaridad, ocupación, etc. También se describe la importancia de la especie, su diversidad, el manejo que le dan los productores y como se involucran al proceso productivo los miembros de su familia. Por último, se trata sobre las perspectivas del cultivo en cuanto a producción, precio, demanda e industrialización desde el punto de vista campesino.

El capítulo II titulado: "Propagación *in vitro* de cuatomate (*Solanum glaucescens* Zucc) por yemas axilares", tiene por objetivo desarrollar una metodología (protocolo) para la obtención masiva de plantas fértiles de cuatomate. Se presentan los antecedentes del estudio y la metodología empleada. Finalmente, se muestran los resultados obtenidos en una serie de experimentos llevados a cabo para cada una de las cinco fases

conocidas de la propagación *in vitro*: preparación de la planta madre, establecimiento, multiplicación, enraizamiento y aclimatación.

En el capítulo III se presentan las conclusiones generales derivadas de los dos estudios anteriores y por último, en el capítulo IV, se propone una estrategia para desarrollar el cultivo de cuatomate en la Mixteca Baja Poblana, que resalta las aportaciones de las investigaciones referidas en este documento.

## I. CONOCIMIENTO TRADICIONAL DEL CUATOMATE (*Solanum glaucescens* Zucc) EN LA MIXTECA BAJA POBLANA

### RESUMEN

El cuatomate es una planta silvestre en proceso de domesticación, con alto potencial económico, ecológico, genético y cultural, íntimamente ligada al conocimiento campesino en la Mixteca Baja Poblana. Su fruto es utilizado para elaborar salsas en sustitución del jitomate y tomate, con ello contribuye a enriquecer la alimentación y a la seguridad alimentaria de las familias. El objetivo de esta investigación fue sistematizar el conocimiento campesino sobre la importancia, diversidad, manejo y perspectivas de la especie. Se aplicó un cuestionario con 72 preguntas a 51 productores de cuatomate (hombres y mujeres); la muestra se seleccionó a través de un método no probabilístico conocido como “bola de nieve”. Se encontró que el cuatomate es una especie importante para todos los productores de la Mixteca Baja Poblana tanto por sus repercusiones económicas como de seguridad alimentaria, dados por sus valores de uso, de cambio y cultural. Los productores identifican tres tipos de cuatomate con base en el color del fruto: verde, blanco o cenizo y moteado. De los tres, consideran que el verde tiene mayores perspectivas para su producción comercial a futuro. El espacio de producción del cuatomate más importante es el traspatio, lugar que ha permitido su reproducción, distribución, conservación y difusión a través de prácticas implementadas por la familia como la siembra, estacado, trasplante, tutoreo, riego, aplicación de abonos, cosecha, compra-venta de fruto y plantas así como la transferencia de éstas del monte al huerto y de un huerto a otro. La dificultad de obtener sólo plantas fértiles es uno de los principales problemas que limitan la producción de cuatomate, sin embargo, la mayoría están dispuestos a comprarlas e incluso a pagar un sobreprecio si se les garantiza la fertilidad y calidad de las plantas; para continuar con su cultivo.

Palabras clave: Nativa, domesticación, traspatio, manejo, valor, usos.

## **TRADITIONAL KNOWLEDGE OF CUATOMATE (*Solanum glaucescens* Zucc) AT THE MIXTECA BAJA POBLANA**

### **SUMMARY**

Cuatomate is a wild plant species under domestication process, with high economic, ecological, genetic and cultural potential, closely linked to the peasant knowledge at the Mixteca Baja Poblana. The fruit is used for preparing sauces, replacing tomato and “tomate de cascara”, contributing to diversify family feeding and household food security. The goal of this research was to systematize the peasant knowledge, regarding the importance, management, and perspectives of the species. We applied a questionnaire with 72 questions to 51 cuatomate producers (men and women), the sample was selected through a method known as "snowball". We found that cuatomate is an important species for all producers at the Mixteca Baja Poblana, because of its economic impact and food security, given its use, cultural, and exchange values. On the basis of the fruit color, three types of cuatomate are distinguished by the peasants: green, white or ashen, and mottled. It is considered that green cuatomate has better prospects for future commercial production. The backyard is considered the most important space for cuatomate production; this place has allowed its reproduction, distribution, preservation and dissemination, through practices implemented by the family, such as planting, staking, transplantation, tutoring, watering, fertilizer application, harvesting, sale of fruit and plants, as well as transferring them from the field into the garden and from an orchard to another. The difficulty for obtaining only fertile plants is one of the main problems limiting the production of cuatomate; however, most of the peasants are willing to buy them and even to pay a premium price if fertility and quality of plants are guaranteed, in order to continue cuatomate cultivation.

**Keywords: Native, domestication, Backyard, Management, Value, Uses.**



## INTRODUCCIÓN

El conocimiento es una explicación e interpretación filosófica del hombre y tiene como pretensión analizar la naturaleza, sus posibilidades y límites; sea o no de carácter científico (Hessen, 1996). Bajo este contexto, el conocimiento campesino, también conocido como conocimiento tradicional, conocimiento local, tecnología indígena y sabiduría campesina, entre otros términos; se refiere a conceptos empleados para demostrar el amplio cuerpo de saberes ligados al campesino (Toledo, 1990; Altieri, 1993). En términos generales, de acuerdo con Hernández y Ramos (1977) el conocimiento empírico campesino es el resultado de experiencias acumuladas por miles de años y seleccionadas con el fin de obtener los mejores resultados en el aprovechamiento de los recursos naturales, según los parámetros establecidos por las comunidades.

Según Rosental (1959), el conocimiento consta de tres etapas: en la primera, las sensaciones, las percepciones, las representaciones o la observación viva de la realidad, son los canales por los cuales el mundo exterior actúa sobre la conciencia humana. En la segunda, con la ayuda del pensamiento abstracto se logra un cierto conocimiento, de tal manera que los resultados se resumen en los conceptos, las categorías y las leyes científicas. En tercer término, el conocimiento pasa de la percepción viva a la generalización abstracta y teórica de la realidad y de ahí a la comprobación práctica y lógica del conocimiento.

Existe una relación estrecha entre el conocimiento campesino y los recursos fitogenéticos (Cuevas y Estrada, 1988); de manera que los campesinos de la Mixteca, han incorporado algunas especies silvestres a su alimentación; integrando la diversidad biológica, ecológica y cultural a través de procesos históricos (tiempo-espacio).

Entre esas especies se encuentra el cuatomate (*Solanum glaucescens* Zucc), planta silvestre, perenne, semileñosa y de tipo trepador en proceso de domesticación, ampliamente utilizada para el consumo humano, con diversidad biológica, de uso y valor (Cuevas y Estrada, 1988); con una demanda insatisfecha que se incrementa

aceleradamente por el hecho de que los emigrantes Mixtecos lo transportan, comercializan y promueven en los Estados Unidos de Norteamérica (González, 1999).

Por otra parte, los hábitats naturales son desplazados por los monocultivos y la ganadería, lo que repercute directamente en los sistemas tradicionales; los cuales contienen una incalculable biodiversidad genética, potencialmente útil para la agricultura y el equilibrio ecológico del planeta (Toledo, 1993).

Altieri (1993) indica que el campesino domina su medio y distingue características deseables de las plantas, sobre todo de aquellas que le benefician; con ello, identifica una gran variedad de recursos fitogenéticos (Castillo, 1993) y acumula un acervo de conocimientos que se derivan de las observaciones cotidianas (Johnson, 1992). Estos conocimientos se refieren a taxonomías locales de plantas y animales, sobre el medio ambiente y las prácticas de producción (manejo del suelo, agua, plagas y enfermedades). Por lo tanto, tiene múltiples dimensiones: lingüísticas, botánicas, zoológicas, artesanales y agrícolas (Altieri, 1993).

El valor de uso es la cualidad material que tiene un bien para satisfacer una necesidad, en tanto que el valor de cambio es la proporción en que se intercambian las mercancías de una clase con relación a otra (Sanz, 2003).

En 1998, se realizó una caracterización etnobotánica del cuatomate en la región de la Mixteca Baja Poblana y se determinaron los contenidos de proteína del fruto (24%). El mismo autor, logró propagar la especie a partir de estacas y obtuvo 85% de prendimiento. A partir de semillas alcanzó 90% de germinación. También describió las épocas de producción, los rendimientos y sistemas de comercialización (Vargas, 1998).

Martínez (2004) realizó un estudio sobre la adaptación del cuatomate a un sistema de producción intensivo. Encontró que el uso de media sombra es ideal para el mejor desarrollo de esta especie. En una evaluación de tipos de injertos, el enchapado lateral resultó el mejor. La aplicación de distintos niveles de N, P y K no afectaron significativamente la producción.

Por lo antes descrito, aunque se tienen avances para facilitar el proceso de domesticación del cuatomate, las investigaciones que dan a conocer el conocimiento de los campesinos de la región acerca de esta especie son muy escasas, teniendo en cuenta que son ellos los actores principales de su proceso de domesticación. Por ello, el objetivo de esta investigación fue sistematizar el conocimiento campesino sobre la importancia, diversidad, manejo y perspectivas del cuatomate en la Mixteca Baja Poblana.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

La investigación se llevó a cabo en cinco municipios de la Mixteca Baja Poblana, reconocidos por su mayor desarrollo en el uso, manejo y cultivo del cuatomate. Estos municipios fueron: Tehuiztzingo, Chinantla, Piaxtla, Tecomatlán y Tulcingo del Valle (Figura 1); localizados al sur del estado, en la cuenca del Balsas. Los climas predominantes en esta región son el cálido, semicálido, seco, semiseco y cálido subhúmedo (FAO, 2000); en tanto que sus suelos más importantes son: regosol, litosol, feozem y vertisol. La vegetación dominante es la selva baja caducifolia. Su altitud varía de 720 a 1200 msnm.

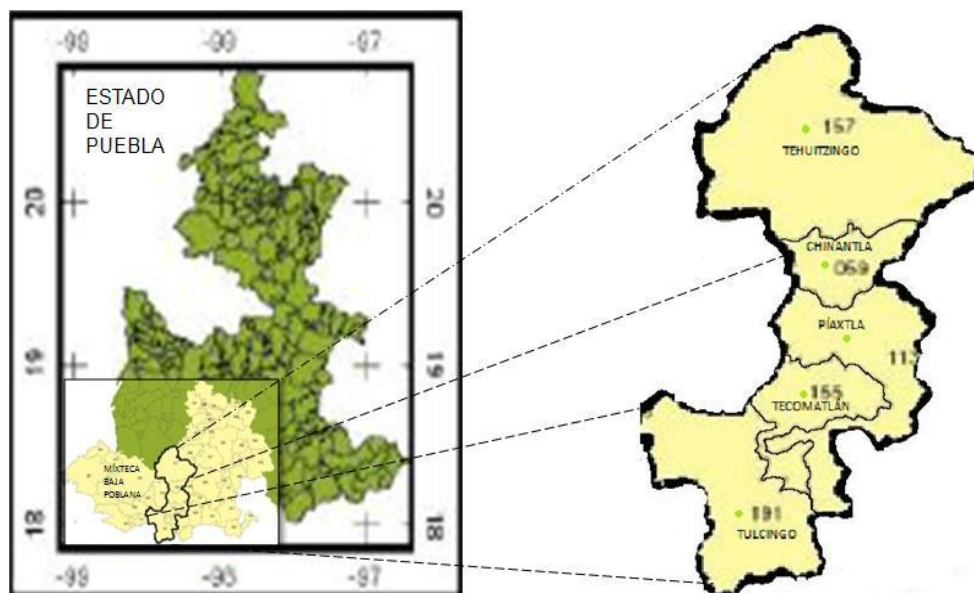


Figura. 1. Área de trabajo y ubicación de los municipios estudiados, en el estado de Puebla.

## **Técnica de investigación**

Se utilizó la técnica de la encuesta empleando como instrumento un cuestionario con 72 preguntas abiertas y cerradas. El cuestionario estuvo dirigido a los productores de cuatomate (hombres y mujeres) independientemente de que realizaran o no otra actividad relacionada con la especie (recolección, comercialización, etc.). La muestra se seleccionó a través de un método no probabilístico, también llamado muestreo dirigido, que consiste en un procedimiento de selección informal de sujetos típicos, con la esperanza de que sean casos representativos de una población determinada (Sánchez-Carrillo y Valtierra-Pachecho, 2003).

El método se conoce como “bola de nieve, muestreo en cadena o por redes”. Se identifican informantes clave, conocedores del tema, que se agregan a la muestra; se les pregunta si conocen a otras personas que puedan proporcionar más información y una vez obtenida ésta, también se incluyen en la muestra (Hernández *et al.*, 2006).

Se aplicaron 51 encuestas para obtener información de los siguientes aspectos: importancia del cuatomate, características de los productores, organización familiar, grado de diversidad, espacio productivo, proceso de reproducción, valor de uso, valor de cambio y perspectivas. Para el análisis estadístico, los datos se capturaron en hojas de Excel y se procesaron en el programa SPSS versión 15.0. Se utilizaron básicamente estadísticas descriptivas y de tendencia central como medias, frecuencias y porcentajes.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **Importancia del cultivo**

El cuatomate es una especie importante para todos los entrevistados, ya sea por sus repercusiones económicas como de seguridad alimentaria. Su importancia reside en los siguientes aspectos: 51% de los productores sólo lo consume y 41% lo utilizan para alimento y para venta, en tanto que para el 8% restante, su relevancia radica en que forma parte de su cultura, como elemento tradicional de la dieta familiar durante varias

generaciones. Como puede apreciarse, además de las repercusiones económicas y del cultivo (Vargas, 1998), otro aspecto importante que realza su importancia es la tradición de su consumo.

### **Características de los productores relacionados con el cuatomate**

De los productores encuestados, 56.9% son mujeres y 43.1 hombres. Del total de hombres 39.2% se dedican solo a la agricultura (en la parcela) mientras que el 9.8 y 4% restantes tienen como actividad principal alguna profesión o la albañilería, respectivamente. El hecho de que los hombres estén enfocados a realizar actividades que generen ingresos para el sostenimiento familiar explica que dediquen menos tiempo al manejo del cuatomate (que se da principalmente en el traspatio). Antes esta situación, la mujer además de realizar actividades inherentes a su condición en el medio rural asume la responsabilidad de manejar el huerto de cuatomate, que se convierte en parte de su vida cotidiana y por lo tanto, en un medio para adquirir y acumular conocimientos (Toledo, 1990).

La edad de los encuestados varía de 51 a 80 años. Si como lo mencionan Toledo (1990), Altieri (1993) y Ball *et al.* (1995) el conocimiento y experiencia acumulada sobre el manejo y aprovechamiento de sus cultivos está relacionada con la edad, esto quiere decir que en los productores de cuatomate se tiene una gran riqueza de conocimientos que son necesarios rescatar, sistematizar y difundir.

Respecto a la escolaridad, 17.6% es analfabeta, 41.2% estudió de 1 a 3 años, 13.7% de 4 a 6, el 7.8% de 7 a 9, 11.8% de 10 a 12 y sólo 9.8% tiene alguna profesión. Lo anterior indica que en general el grado de instrucción de los encuestados es bajo. Esto es una limitante severa para la transmisión de nuevos conocimientos; por ello, algunas organizaciones como la FAO (2000) recomiendan recurrir a medios audiovisuales y prácticos adecuados para favorecer el proceso de enseñanza-aprendizaje en estas condiciones.

Con relación a la participación en el proceso de producción a comercialización del cuatomate, 58.8% de los entrevistados únicamente lo producen, 23.5% son

productores-comercializadores, 7.9% sólo comercializadores y 2.0% productores-recolectores. Como puede observarse, el campesino de la Mixteca Baja Poblana en su estrategia de supervivencia debe realizar diversas actividades relacionadas en los cultivos que maneja.

Con lo antes expuesto, se hace patente que los productores poseen diversas características observables que los identifican, pero al mismo tiempo los distinguen, lo cual permite agruparlos desde distintos puntos de vista (Caracciolo *et al.*, 1981; Gutman, 1988).

### **Tipos de cuatomate**

Aunque es posible identificar diferencias en características de frutos, hojas y tallos de las plantas de cuatomate que desarrollan en el área de estudio; los campesinos mixtecos identifican claramente tres tipos (Figura 2). Las proporciones en que mencionan cada tipo son: verde (48.05%), blanco o cenizo (24.68%) y moteado (27.27%).

El nombre con el cual identifican cada tipo se refiere al color externo del fruto desde sus primeras etapas de desarrollo hasta el inicio de su maduración (en la cual todos los tipos adquieren un color amarillo-naranja). Así, mientras el verde y el blanco se identifican con esos colores, el moteado se caracteriza por ser un fruto de fondo verde con manchas blancas (Figura 2).

Lo anterior comprueba que una de las formas más comunes que tienen los productores para clasificar a las especies vegetales para su aprovechamiento es por su color (Herrera *et al.*, 2004).

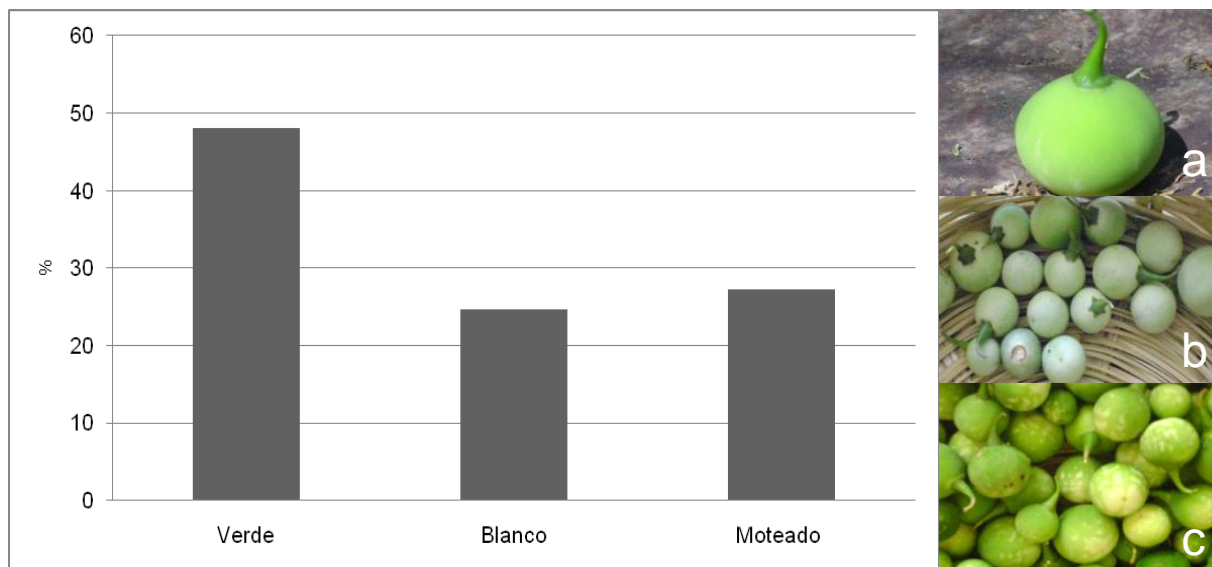


Figura 2. Tipos de cuatomate y proporciones en las que los mencionan los productores de la Mixteca Baja Poblana: a) verde, b) blanco y, c) moteado.

Eran de esperarse diferencias entre los diferentes tipos de cuatomate en el sabor, color o textura de la salsa que se produce u otra característica de la planta; sin embargo, 52.9% de los productores no las detecta, 33.3% relaciona el color del fruto con el de la hoja y 11.8% con el del tallo.

Respecto al rendimiento, 72.5% consideran que no hay diferencias entre tipos de cuatomate; 7.9% que los blancos producen más y 19.6% que tanto los blancos como los verdes son más rendidores.

En cuanto a la época de producción, 98% de los campesinos no observan diferencias, pues según ellos todos producen en los mismos periodos. En otras características de las plantas, los campesinos encuentran diferencias en el color de hojas (39.2%) y tallo (33.3%); pero 25.5% no las detectan. Respecto a las flores, todas les parecen iguales, esto es muy importante pues resalta la necesidad de capacitarlos para que puedan distinguir las plantas fértiles de las infértiles.

Con lo antes expuesto se deduce que existe una mayor diversidad de la que se tiene identificada, por lo que se necesitan estudios más profundos para detectar caracteres y tipos que los campesinos no han distinguido hasta ahora, pues la valoración y

caracterización de la diversidad local en tiempo y espacio resulta imprescindible en el diseño de estrategias orientadas al aprovechamiento óptimo y la conservación de los recursos genéticos (Herrera *et al.*, 2004).

## **Espacio productivo**

Los productores de cuatomate tienen definidos sus espacios productivos de la siguiente manera: 64.7% lo cultiva en el traspatio, 13.8% en sus parcelas, 11.8% en ambos sitios y excepcionalmente en la calle o en una barranquilla. La importancia de los traspacios ya ha sido descrita por la FAO (2004), como las áreas o parcelas altamente productivas en un permanente proceso de desarrollo, generado por la transmisión del conocimiento de generación en generación y que al mismo tiempo son un lugar importante para el resguardo y conservación de recursos fitogenéticos. La diversidad en los espacios productivos de los sistemas tradicionales de producción en México, representan centros de alta importancia para la conservación *in situ* de una gran variedad de recursos genéticos (Castillo, 1993) como el cuatomate en la Mixteca Baja Poblana, en este caso.

La superficie destinada al cuatomate es variable: 56.9% de los productores tienen de 10 a 50 m<sup>2</sup>, 21.6% de 51 a 100, 17.7% de 101 a 500 y 4% de 501 a 4000. En correspondencia, 56.9% poseen de 10 a 20 plantas, 21.6% de 21 a 40, 17.7% de 41 a 100 y 4% desde 400 hasta 8000.

De las plantas establecida en los espacios productivos, 51.1% proceden de otro huerto, 43.0% del monte y 5.9% adquieren las plantas en los mercados de Tehuitzingo, Píaxtla, Acatlán de Osorio y Tulcingo del Valle (Figura 3). Es importante mencionar que la alta proporción de plantas procedentes del monte, que se extraen completas (desde la raíz hasta el fruto), representan un peligro muy grave para la conservación de la especie en su medio natural, por lo que es urgente la búsqueda de alternativas.



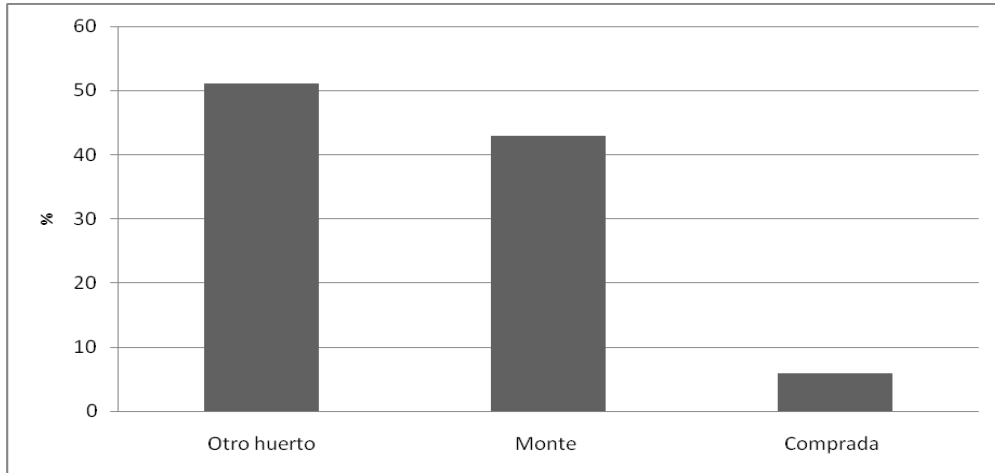


Figura 3. Origen de las plantas de cuatomate establecidas en los huertos de la Mixteca Baja Poblana.

Respecto a la edad de las plantas, 56.8% tienen de 1 a 4 años, 25.5% de 5 a 8 y 17.7% de 9 a 12 (Figura 4). Se considera que los huertos más altamente productivos son los que tienen de 5 a 8 años de edad, al respecto, el rendimiento medio es de 4.56 kg de fruta por planta.

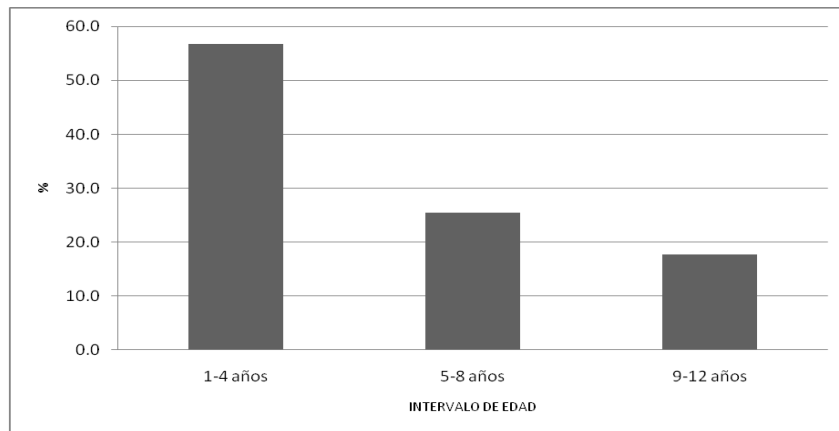


Figura 4. Edad de las plantas de cuatomate en huertos de la Mixteca Baja Poblana.

### Propagación y establecimiento del huerto

Para multiplicar las plantas, los productores utilizan tanto la propagación sexual como la asexual. En este aspecto, 82.3% obtienen sus plantas por semilla y 17.7 lo hace a partir de estacas (Cuadro 1). De los primeros, 53.0% realizan la siembra directa en el terreno; debido a que es imposible detectar desde la semilla si se producirán individuos

fértiles, frecuentemente deben recurrir al reemplazo de plantas infértiles. El otro 29.3% colocan las semillas en bolsas y posteriormente las trasplantan en el lugar definitivo; esta práctica la realizan por los regular los productores que tienen sus huertos lejos de su casa o traspatio.

Los productores que propagan sus plantas por estacas poseen un mayor dominio del proceso de producción en su huerto, tienen plenamente identificadas a las plantas fértiles y generalmente están relacionados con el proyecto estratégico por la seguridad alimentaria (PESA), uno de cuyos proyectos estratégicos en la Mixteca es el de cuatomate, como alternativa productiva y para la generación de ingresos (PESA-FAO, 2010).

Cuadro 1. Métodos de obtención y establecimiento de plantas de cuatomate en la Mixteca Baja Poblana.

Método	%
Semillas (siembra directa)	53.0
Semilla y trasplante	29.3
Estacas	17.7

El trasplante es una práctica agronómica que se realiza cada vez con mayor frecuencia en la región, ya sea de plantas obtenidas por semillas o estacas. Dado que representa un trabajo físico y económico que puede repercutir en pérdidas o ganancias, es importante saber con exactitud las características de las plantas que se están estableciendo (Altieri, 1991).

En ese sentido, al momento de trasplantar 76.5 % de los productores no sabe si las plantas que establece son fértiles o infértiles; sólo 23.5 % es capaz de distinguirlas (Figura 5).

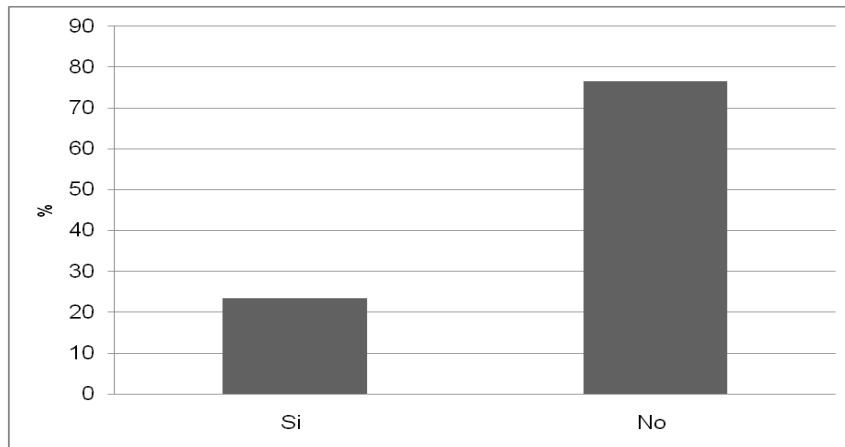


Figura 5. Proporción de productores que identifican las plantas fértiles e infértiles de cuatomate al momento del trasplante en la Mixteca Baja Poblana.

Del total de plantas que se propagan tanto sexual como asexualmente, 45.1% de los productores indica que obtiene de 41 a 60% de plantas fértiles; 17.6% entre el 21 y 40% y el sólo 11.8% de 81 a 100% (Figura 6).

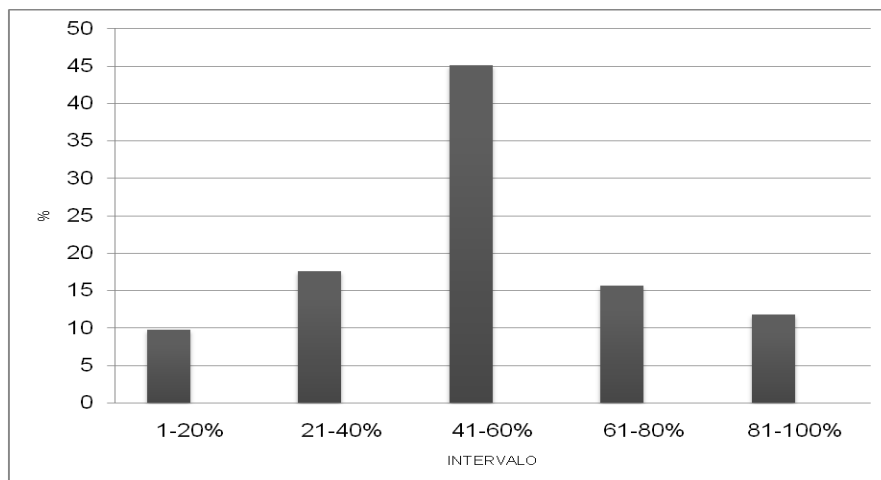


Figura 6. Proporciones de plantas fértiles de cuatomate que se obtienen en la Mixteca Baja Poblana, tanto por reproducción sexual como asexual.

Finalmente, para el establecimiento de los huertos, 53% de los entrevistados indica que el cuatomate prefiere suelos ricos en materia orgánica, 39% considera que prospera en cualquier tipo de suelo y 8% que requiere suelos negros. Como lo indica Toledo (1990) la clasificación de suelos dependen de la naturaleza de la relación que el campesino tiene con la tierra y en este caso, para discriminar entre tipos de suelo óptimos, el contenido de materia orgánica y el color fue fundamental.

## **Tutoreo**

El cuatomate es una especie de tipo trepador que necesita de un tutor o espaldera para desarrollar bien; En este aspecto, se utilizan tanto tutores vivos como muerto; entre los primeros, 13.7% usa especies de la vegetación nativa como el guamúchil (*Pithecellobium dulce*) y 19.6% otras especies introducidas como el limón (*Citrus limonum*) y la toronja (*Citrus aurantium*). En casos como este, resalta la capacidad de los campesinos mexicanos de identificar a las plantas que cohabitan o viven en simbiosis con otras (Toledo, 1985).

En el segundo caso, se utilizan “enramadas y espalderas” (49 y 19.6% respectivamente); las primeras, están compuestas por varas de cubata (*Acacia pennatula*) o huizache (*Acacia farnesiana*) y las segundas se fabrican con alambre requemado o galvanizado.

Estas innovaciones son un ejemplo de la evolución del conocimiento como resultado de la situación a las que se enfrenta de los recursos que dispone (Johnson, 1992) y sobre todo de sus observaciones cotidianas y la experimentación con formas de vida, sistemas productivos y ecosistemas naturales.

## **Fertilización**

La fertilización es la acción de suplir nutrientes a la planta para cumplir su ciclo de vida, es decir, abastecer y suministrar los elementos orgánicos e inorgánicos al suelo para que la planta los absorba. En el caso del cuatomate, 51% de los productores no realiza esta práctica y 49% la efectúa con materia orgánica, principalmente estiércol descompuesto de chivo. Del total de productores que fertiliza, 68.63% hace las aplicaciones durante todo el año, esto porque el cuatomate es capaz de producir durante todo el año si se le nutre y maneja bien. El 5.8% fertilizan en junio y julio, al inicio del temporal; 9.8% en agosto, en la época de producción más importante; y 15.69% la realizan de noviembre a febrero.

## **Riego**

El riego es una actividad cotidiana que se realiza en los vegetales, que consiste en suministrarles agua para que puedan llevar a cabo cada una de sus funciones y que tiene mucha relación con la absorción de nutrimentos. Para el caso del cuatomate, 82.4% de los productores aplica el riego y 17.6% no lo hace. Del total de productores que riegan, 42% lo efectúa cada tres días, 12.3% cada 8, 13.6% cada 15 y 32.1% a intervalos mayores. Los métodos utilizados son diversos; 40% lo hace con cubetas, 34% con manguera conectada a la llave, 12% por cintilla y 13.3% aplica riego rodado.

## **Plagas y Enfermedades**

El 100% de los entrevistados indica que ha tenido daños ocasionados por plagas o enfermedades; sin embargo, 96% no las controlan, sólo 4% lo lleva a cabo. Algunas de las plagas que identifican son: mosquita blanca (19.4%), gusano barrenador (14.93%), gusano trozador (8.96%) y gallina ciega (7.46%). El 49.25% no las conoce por su nombre. Respecto a las enfermedades, 88.89% manifiestan que no tienen problemas; 5.56% registran ataques de “chahuixtle” y “secadera” de plantas.

## **Cosecha**

La recolección de los frutos se lleva a cabo cuando alcanzan su mayor tamaño pero antes de que maduren y se tornen de un color amarillo-naranja. Aunque es posible encontrar frutos todo el año, 90.82% de la cosecha se concentra de junio a septiembre; Otros periodos importantes de cosecha ocurren de enero a mayo (6.12%) y de octubre a diciembre (6.12%). De acuerdo con los productores (68.7%), el fruto puede permanecer hasta 15 días en anaquel y conservar sus características de consumo idóneas.

## **Organización familiar para el manejo del cuatomate**

Los hombres de la casa (abuelo, padre, hijo) se hacen cargo de la siembra, el estacado y el trasplante, prácticas que generalmente aprendieron de los técnicos del Proyecto (PESA-FAO) que se desarrolla en la Mixteca desde 2005. La fertilización y el riego los llevan a cabo las mujeres (abuela, madre, hija) porque permanecen más tiempo en la casa y asumen el manejo del traspatio como tarea propia. El control de plagas y enfermedades lo efectúa el hombre, posiblemente por los riesgos que conlleva. La cosecha la realiza la esposa, quien también determina el destino final del producto, que puede ser la preparación de salsas para el consumo familiar, para la venta casa, en la comunidad o en los mercados regionales.

En este aspecto, la CEPAL (1986) confirma el proceso que se desarrolla en las familias de la Mixteca Poblana, respecto a la distribución del trabajo en función de género y edad, que determina su funcionalidad para la obtención de alimentos e ingresos. Lo mismo hace Chayanov (1974), al definir a la familia como el eje rector de la serie de actividades llenas de dinamismo, dirección, desarrollo intelectual e ideológico, que permiten la adquisición o transformación de los bienes y servicios que ésta requiere. Este fin común se logra por la serie de funciones específicas que realizan cada uno de sus miembros; como en el caso de las familias mixtecas productoras de cuatomate.

## **Valor de uso y valor de cambio del cuatomate**

Las cualidades o utilidades del cuatomate para satisfacer las necesidades de los productores de la Mixteca Baja Poblana relacionadas o equivalente con el autoconsumo (Marx, 1978; Hernández, 1981) se refieren a los siguientes aspectos:

- a) El tallo se usa por 15.7% de los productores para propagar asexualmente las plantas fértiles de cuatomate, a través de estacas.
- b) La flor se usa por 23.6% de los productores como condimento de salsas, mole o chilate de cuatomate.
- c) La hoja es utilizada por 25.5% de los productores para la producción de abono.

d) Los frutos, como la parte principal de la planta son utilizados por 100% de los productores para la elaboración de salsas y otros productos culinarios regionales, además, 21.6% selecciona los mejores en tamaño, color y consistencia para su propagación vía sexual (Cuadro 2).

Cuadro 2. Valor de uso de distintos órganos de las plantas de cuatomate en la Mixteca Baja Poblana.

Partes de la planta	Usos	Porcentaje
Tallo	Estacas	15.7%
Hojas	Abono	25.5%
Flor	Condimento	23.6%
Frutos	Salsa y Propagación	100.0%

El cuatomate en la Mixteca se puede intercambiar con otras mercancías, pero principalmente con dinero. Se considera que tiene un valor de cambio (Marx, 1978 y Hernández, 1981) alto, porque contribuye de manera importante a mejorar la economía y a satisfacer algunas necesidades prioritarias de los productores de la región. A manera de ejemplo, al tomar en cuenta los promedios en número de plantas y rendimiento regionales (41.78 plantas y 4.56 kg de fruta por planta, respectivamente) a un precio de \$ 46.54 por kilo se obtienen \$ 8 866.65 que se distribuyen de la siguiente manera: 51% para solventar gastos diarios (\$ 4 522.00), 21.6% para alimentación (\$ 1 915.00), 17.7% para mantenimiento del huerto (\$ 1 569.00) y 9.7% para la educación de los hijos (\$ 860.00).

**Perspectivas del cuatomate en cuanto a producción, precio, demanda e industrialización**

Según la percepción de los productores, el futuro de la producción de cuatomate está relacionado con cada uno de los tipos identificados (Cuadro 3): así 64.7, 19.6 y 15.7% opinan que los verdes, moteados y blancos, respectivamente, tienen las mejores perspectivas. Los factores que determinan estas opiniones son el sabor (25.5%) y color (15.7%) del fruto y su demanda (21.6%). En el segundo caso, los productores

manifiestan que el color de la cáscara afecta la apariencia de la salsa e influye en su consumo.

Cuadro 3. Apreciaciones de los productores sobre las perspectivas para la producción a futuro de los tipos de cuatomate (*Solanum glaucescens* Zucc) identificados en la Mixteca Baja Poblana y razones que las sustentan.

Tipo	%	Razón o causa	%
Verde	64.7	Sabor del fruto	25.5
Moteado	21.6	Demanda del fruto	21.6
Blanco	15.7	El color de la salsa	15.7

Al considerar un rendimiento de 4.56 kilogramos por planta y precio medio de \$ 46.54.00 pesos por litro de frutos de aproximadamente 45 mm de diámetro, respectivamente; 41.2% de los productores consideran que el cuatomate tiene una perspectiva económica excelente; en tanto que 27.5% le auguran un escenario bueno para los próximos años (Figura 7).

Respecto a la apreciación que tienen los productores sobre el comportamiento de la producción, precio y demanda del cuatomate (Cuadro 4); 72.5% suponen que la producción aumentará, 23.5% que se conservará y 3.9% que disminuirá. En cuanto al precio, 41.2% considera que aumentará, 39.2% que se va mantener igual y 19.6% que disminuirá. Con relación a la demanda, 80% piensan que aumentará, 13.7% que se conservará y 5.9% que disminuirá.

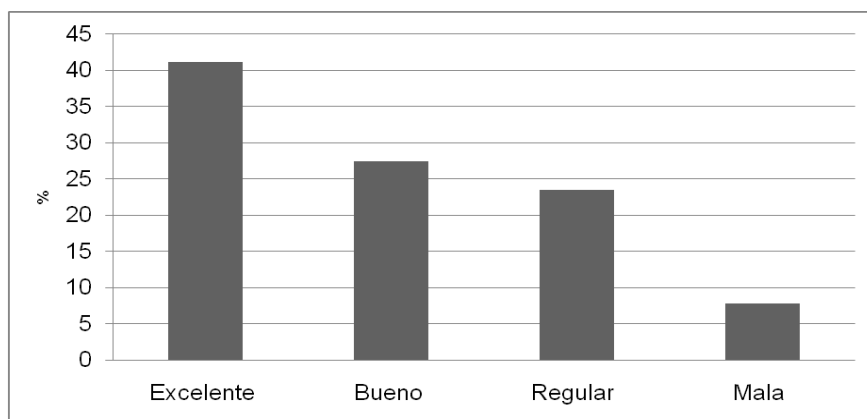


Figura 7. Perspectiva económica del cuatomate (*Solanum glaucescens* Zucc) en la Mixteca Baja Poblana desde el punto de vista campesino.



En lo que se refiere a industrialización, 54.9% de los entrevistados consideran que el cuatomate puede ser materia prima para la elaboración de distintos productos, más no a nivel industrial; 7.8% asumen que es posible industrializarlo y 37.3% no saben (Cuadro 4).

Cuadro 4. Perspectivas del cuatomate (*Solanum glaucescens* Zucc) respecto a su producción, precio y demanda en la Mixteca Baja Poblana.

	Producción	Precio	Demanda
	%	%	%
Disminuirá	3.9	19.6	5.9
Se conservará	23.5	39.2	13.7
Va a aumentar	72.5	41.2	80.4
Total	100.0	100.0	100.0

De acuerdo con lo antes visto, en general se vislumbran buenas perspectivas para el cultivo de cuatomate por parte de los productores de la Mixteca Baja Poblana, las cuales se confirman por el hecho de que 92.2% están dispuestos a comprar plantas fértiles de calidad e incluso pagar un sobreprecio si la fertilidad y calidad está garantizada (90.2%).

## CONCLUSIONES

El cuatomate es una especie importante para todos los productores de la Mixteca Baja Poblana, tanto por sus repercusiones económicas como de seguridad alimentaria, dados por sus valores de uso, de cambio y cultural.

Las familias de la Mixteca Baja Poblana han generado un acervo de conocimientos útiles para avanzar en el proceso de producción y conservación del cuatomate por prueba y error. En dicho proceso participa toda la familia; pero principalmente las mujeres de 51 a 80 años de edad, con nivel de escolaridad que no rebasan la primaria y que producen tanto para el autoconsumo como para la venta.

En la región se observa diversidad en las plantas de cuatomate en fenología, características de frutos, hojas y tallos; pero los productores sólo identifican tres tipos con base en el color del fruto: verde, blanco o cenizo y moteado. De los tres, consideran que el verde tiene mayores perspectivas para su producción a futuro.

El espacio de producción de cuatomate más importante es el traspatio, lugar que ha permitido su reproducción, distribución y conservación a través de prácticas como siembra, estacado, trasplante, tutoreo, riego, aplicación de abonos, cosecha, compra-venta de fruto y plantas, así como la transferencia de éstas del monte al huerto y de un huerto a otro. La participación de toda la familia en este proceso permite la transmisión del conocimiento campesino de una generación a otra y garantiza su difusión y conservación.

La dificultad de obtener sólo plantas fértiles es uno de los principales problemas que limitan la producción de cuatomate, porque la mayoría de los campesinos no saben como identificarlas desde sus primeras etapas de desarrollo ni como propagarlas asexualmente, una vez clasificadas. Sin embargo, la mayoría están dispuestos a comprarlas e incluso a pagar un sobreprecio si se les garantiza la fertilidad y calidad de las plantas; para continuar con su cultivo.

Por su demanda local y externa, el cuatomate seguirá siendo un cultivo prometedor para la región, Por ello es necesario aumentar su producción complementando la tecnología tradicional y darle valor agregado al producto, de modo que permita mejorar y ampliar su comercialización así como satisfacer el “mercado de la nostalgia”.

## II. PROPAGACIÓN *in vitro* DE CUATOMATE (*Solanum glaucescens* Zucc) POR YEMAS AXILARES

### RESUMEN

El cuatomate es una planta silvestre en proceso de domesticación, utilizada para el consumo humano en la Mixteca Baja Poblana. Su fruto sustituye ventajosamente al tomate y jitomate en la elaboración de salsas y guisados, por lo que se ha creado una demanda insatisfecha, que se incrementa porque los migrantes lo transportan, comercializan y promueven en los Estados Unidos de Norteamérica. Lo anterior está acelerando su proceso de domesticación, pero también está propiciando la desaparición de la especie en su ambiente natural (por el saqueo de plantas y frutos) y el deterioro del mismo; por lo que se requiere encontrar alternativas para su multiplicación eficiente, más aún al considerar que por propagación sexual sólo se obtienen 40% de plantas fértiles (productivas). Esto obliga a la búsqueda de un método de propagación asexual que genere sólo plantas fértiles, para contribuir al aprovechamiento de la especie en un marco de sustentabilidad. Por lo anterior, se desarrolló una metodología (protocolo) de propagación *in vitro* del cuatomate a partir de yemas axilares que consiste en lo siguiente: durante el establecimiento del cultivo *in vitro*, la desinfección con hipoclorito de sodio comercial (200 mL L<sup>-1</sup>) y el uso del medio MS fueron la mejor opción. Para la inducción de brotes es innecesaria la adición de auxinas. En la multiplicación de brotes, con 1.0 mg L<sup>-1</sup> de 2 iP en el medio MS se tuvieron las mejores respuestas. En la fase de enraizamiento, los mejores resultados se obtuvieron con 1.0 mg L<sup>-1</sup> de AIB en el medio MS completo. Con un manejo cuidadoso, el uso de turba como sustrato, la protección contra deshidratación y condiciones ambientales controladas, se obtuvo 100% de plantas aclimatadas

**Palabras clave:** Protocolo, Mixteca, auxina, citocininas, MS.

## ***in vitro* PROPAGATION OF CUATOMATE (*Solanum glaucescens* Zucc) THROUGH AXILARY BUDS**

### **SUMMARY**

Cuatomate is a wild plant under domestication process, it is used for human consumption at the Mixteca Baja Poblana. Its fruit advantageously replaces the tomato and “tomate de cáscara” for preparing sauces and stews, so it has created an unmet demand; this demand is increased because the migrants are transporting, marketing, and promoting the fruit in the United States. All of those conditions are accelerating the domestication process, but they also are leading to the disappearance of the species in its natural environment (because of the rapine of plants and fruits) and its deterioration. Then, alternatives are required for efficient multiplication of cuatomate, if it is taken in account that only 40% of fertile plants are obtained by means of sexual propagation. In this way, a method of asexual propagation that could generate only fertile plants is required, in order to contribute to a sustainable use of the species. Therefore, we developed a protocol for *in vitro* propagation of cuatomate from axillary buds as follows: during the establishment of *in vitro* culture, disinfecting with commercial sodium hypochlorite (200 mL L<sup>-1</sup>) and using MS medium gave the best results. Addition of auxins was not necessary for shoot induction. Best results for shoot multiplication were obtained with 1.0 mg L<sup>-1</sup> of 2 iP on MS medium. For rooting phase, the best results were obtained with 1.0 mg L<sup>-1</sup> IBA in a complete MS medium. With a careful management, use of peat as a substrate, protecting seedlings against dehydration, and controlling environmental conditions, a 100% of acclimated plants was obtained.

**Keywords:** Protocol, Mixteca, Auxin, Cytokinins, MS.

## INTRODUCCIÓN

El cuatomate es una solanácea silvestre de tipo trepador en proceso de domesticación, utilizada para el consumo humano en la Mixteca Baja Poblana, una de las regiones más marginadas de México. Su fruto sustituye ventajosamente al tomate y jitomate en la elaboración de salsas y guisados; además, contiene 23.98% de proteína (Vargas, 1998), esto lo ubica como un producto altamente nutritivo para la alimentación humana.

Esta situación ha creado una demanda regional insatisfecha, que se incrementa porque los migrantes lo transportan, comercializan y promueven en los Estados Unidos de Norteamérica, lo que está acelerando su proceso de domesticación, pero también está propiciando la desaparición de la especie en su ambiente natural y el deterioro del mismo.

El cuatomate se propaga a partir de semilla y estacas (Medina *et al.*, 2009); pero los procesos son lentos y factibles sólo en determinadas épocas del año. La propagación sexual generalmente resulta exitosa, pero sólo se obtienen alrededor de 40% de plantas productivas (González, 1999), debido que la especie presenta el fenómeno de heterostilia. Lo anterior obliga a la búsqueda de un método de propagación para producir sólo plantas fértiles y contribuir así al aprovechamiento de la especie en un marco de sustentabilidad. En ese sentido, la propagación *in vitro* es una técnica avanzada con muy buenas perspectivas. Es por ello que en la presente investigación se pretende desarrollar una metodología (protocolo) de propagación *in vitro* del cuatomate, para obtener plantas fértiles a partir de yemas axilares.

Hasta la fecha se carece de una metodología completa para la propagación *in vitro* de cuatomate pero se tienen avances en algunas etapas. En la fase 0 se han obtenido plántulas sanas como fuente de explantes a partir de semillas propagadas en invernadero (García *et al.*, 2003). En la etapa de establecimiento, González (1999) utilizó ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2, 4-D) en explantes de tejido foliar para intentar obtener callo; obtuvo resultados negativos por un alto grado de contaminación.

Después experimentó con 6-bencilaminopurina (BAP) y ácido 3-idolacético (AIA) a diferentes concentraciones (0.1, 1.0 y 5 mg L<sup>-1</sup>) y logró producir callo a partir de hojas y frutos. El mismo autor, con diferentes concentraciones (0.05 y 1.0 mg L<sup>-1</sup>) de ácido naftalenacético (ANA) y Bencil amino purina (BAP -0.2 mg L<sup>-1</sup>-) en yemas axilares incrementó la cantidad de callo pero la contaminación también se elevó al 60%. Ante ese problema, García *et al.* (2003) desinfectaron con alcohol (70%) por dos minutos y cloro (30%) durante 20 min y disminuyeron la contaminación al 15%. Los mismos autores generaron callo en hojas con 0.6 mg L<sup>-1</sup> de ANA y 0.06 mg L<sup>-1</sup> de BA, pero la alta contaminación les impidió continuar avanzando.

Hernández (2004) también utilizó hojas de cuatomate desinfectadas con Hipoclorito de sodio, jabón y alcohol, a los 8 días registró 30% de contaminación; el alto nivel de contaminación se explica por el uso de plantas provenientes directamente del campo, sin ninguna preparación previa. Recientemente, Galaviz (2010) cultivó yemas axilares con BAP (1 mg L<sup>-1</sup>) y ANA (0.2 y 0.25 mg L<sup>-1</sup>) de lo cual obtuvo proliferación de callo. En hojas cotiledonares e hipocótilos generó brotes a los 35 días de su establecimiento, con BAP (5.0 mg L<sup>-1</sup>) y ANA (0.2 mg L<sup>-1</sup>). También cultivó peciolo, cambium, pétalos, anteras y ovarios con BAP (1.0 mg L<sup>-1</sup>) y ANA (0.25 mg L<sup>-1</sup>), además de anteras, pétalos y ovarios con 3.0 mg L<sup>-1</sup> de BAP y 3.0 mg L<sup>-1</sup> de ANA. En ambos trabajos 100% de los explantes produjeron callo (amorfo en el segundo caso) pero 80% se necrosaron; la oxidación se atribuyó al manejo de los explantes y al uso de material biológico muy joven; la producción excesiva de callo se debió a una proporción alta de fitohormonas. Galaviz (2010) también menciona que con AIA (0.4 mg L<sup>-1</sup>) logró la formación de raíces en los brotes, a los 14 días; sin embargo, 80% se necrosaron. En otras solanáceas como chile, jitomate, tomate, tomatillo y papa se han logrado obtener plantas *in vitro* a partir de distintos explantes, aunque no en todas.

En Chile Sanatombi y Sharma (2007) cultivaron cotiledones en el medio de Murashige and Skoog (MS) con 6 mg L<sup>-1</sup> de BAP y 1 mg L<sup>-1</sup> de AIB (ácido indolbutírico); en ápices, hipocótilos o raíces, no lograron regenerar brotes debido a que estos explantes generaron mucho callo. También en brotes axilares de chile, con ácido indolacético (AIA) (2.8 mg L<sup>-1</sup>) ácido indolbutírico (AIB) (2.4 y 4.8 mg L<sup>-1</sup>) se obtuvieron brotes y

raíces (Robledo y Carrillo, 2004). En jitomate se usaron hojas verdaderas a las que se adicionaron 8.9  $\mu\text{M}$  de BAP, 1.14  $\mu\text{M}$  de AIA, y 4.9  $\mu\text{M}$  de AIB para su enraizamiento (Kokkiralala *et al.*, 2005). En *Cyphomandra betaceae*, una solanácea silvestre, se obtuvieron de 70 a 415 yemas a partir de pequeñas protuberancias generadas en cotiledones e hipocótilos cultivados con 2.0  $\text{mg L}^{-1}$  de BA más 0.5  $\text{mg L}^{-1}$  de AIA y 2.0  $\text{mg L}^{-1}$  de Zeatina.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

La etapa experimental de la investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales de la Facultad de Agrobiología “Presidente Juárez” de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, en Uruapan, Michoacán. Se usaron plantas provenientes del Invernadero de Plantas Nativas del CBTa No. 110 de Tecamatlán, Puebla; obtenidas de semillas de frutos silvestres del cerro Alpoyatzin, en la misma población. El proceso de propagación *in vitro* consideró cinco fases: preparación del material madre (Fase 0), establecimiento del cultivo aséptico e inducción de brotes (Fase I); multiplicación (Fase II), enraizamiento *in vitro* (Fase III) y aclimatación de las plántulas. Sin embargo, la etapa experimental se concentró de la fase II a la IV; en la 0 y V se aplicó un tratamiento general.

### **Preparación de las plantas madre (Fase 0)**

Para prevenir problemas de contaminación por hongos en las primeras etapas del cultivo *in vitro*, las plantas madre se trataron con Tiofanato Metil (0.5  $\text{g L}^{-1}$ ) cada 30 días durante los cuatro meses previos, hasta 24 horas antes de su establecimiento. La incidencia de plagas (posibles vectores de enfermedades) como mosquita blanca (*Bemisia tabaci*), pulgón (*Aphis gossipy*) y araña roja (*Tetranychus spp*); se controló con citrolina emulsificada (0.5  $\text{mL L}^{-1}$ ) cada vez que éstas se presentaron.

### **Establecimiento del cultivo aséptico (Fase I)**

Se llevó a cabo un experimento en el que se evaluaron cuatro concentraciones (150, 200, 250, 300  $\text{mL L}^{-1}$ ) de hipoclorito de sodio comercial (60  $\text{g L}^{-1}$  de ingrediente activo) y dos medios de cultivo (Murashige y Skoog –MS- y Woody Plant Medium –WPM-)

adicionados con tiamina ( $0.4 \text{ mg L}^{-1}$ ), mio-inositol ( $100 \text{ mg L}^{-1}$ ), sacarosa ( $30 \text{ g L}^{-1}$ ) y agar ( $6 \text{ g L}^{-1}$ ). Los niveles de ambos factores se combinaron en un arreglo factorial y se establecieron en un diseño completamente al azar con ocho repeticiones, en la que la unidad experimental fue un explante colocado en un frasco de  $220 \text{ mL}^{-1}$  de capacidad, con  $20 \text{ mL}^{-1}$  de medio.

Se utilizaron secciones de tallo con yema axilar de 1 cm de longitud, las cuales se lavaron con detergente y agua corriente, antes de someterse al tratamiento con hipoclorito de sodio durante 20 minutos. Previo a la colocación de los explantes en el medio de cultivo correspondiente, volvieron a lavarse tres veces con agua estéril en la campana de flujo laminar. A los 20 días de la siembra se registró el porcentaje de contaminación por hongos o bacterias, el necrosamiento u oxidación y número de explantes con brotes.

En todos los experimentos del presente trabajo, el pH del medio se ajustó a 5.7 con NaOH ó  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (1 N) y se esterilizó en autoclave vertical a  $121^\circ \text{C}$  y 15 lb de presión durante 15 minutos. Los cultivos se incubaron con una luminosidad de  $24.5 \mu\text{mols}^{-1} \text{ m}^2$ , fotoperiodo de 16 horas luz y temperatura de  $25^\circ \text{C}$ . En los casos en los que se utilizó el medio MS, sin excepción se enriqueció con tiamina, mio-inositol, sacarosa y agar en las concentraciones ya señaladas. De igual manera, el análisis estadístico consistió en análisis de varianza y las pruebas de medias correspondientes (Tukey, 0.05). Los datos se procesaron con el programa estadístico SAS versión 9.0.

### **Multiplicación de brotes (Fase II)**

Para resolver problemas relacionados con la multiplicación de los brotes se llevaron a cabo cuatro experimentos secuenciados en el siguiente orden:

#### **Concentraciones de ácido Naftalenacético (ANA) y benciladenina (BA) en la inducción de brotes de cuatomate**

Se evaluaron tres concentraciones de ANA ( $0.0$ ,  $0.5$  y  $1.0 \text{ mg L}^{-1}$ ) y tres de BA ( $0.0$ ,  $0.5$  y  $1.0 \text{ mg L}^{-1}$ ) en el medio de cultivo MS. Los niveles de ambos factores se combinaron



en un arreglo factorial  $3^3$  y se establecieron en un diseño completamente al azar con cinco repeticiones, donde la unidad experimental fue un frasco con cinco explantes.

Se establecieron secciones de tallo con una yema axilar, previamente desinfectados con hipoclorito de sodio durante 20 minutos. Enseguida se enjuagaron tres veces con agua estéril, antes de colocarse en los frascos en la campana de flujo laminar. A los 21 días, en este y los demás experimentos de la fase II, se registraron las siguientes variables: supervivencia, número de brotes por explante, diámetro de brote, longitud de brotes y número de hojas expandidas.

### **Posición de las yemas (explantes) respecto al ápice de la planta y multiplicación de brotes en cuatomate**

Este factor se tomó en cuenta para intentar obtener brotes más homogéneos. Se consideraron nueve posiciones de la yema axilar a utilizar como explante, con relación a la yema apical. De ese modo, la más cercana al ápice correspondió a la posición uno y así sucesivamente hasta llegar a nueve.

Se tomaron ramas vigorosas libres de patógenos, se lavaron con detergente y agua corriente y se sumergieron en solución hipoclorito de sodio comercial ( $200 \text{ mL L}^{-1}$ ) durante 20 minutos. Una vez desinfectados, los explantes se enjuagaron tres veces y se colocaron en frascos de 200 mL de capacidad con 30 mL del medio de cultivo.

Los tratamientos se establecieron en un diseño completamente al azar con 10 repeticiones, la unidad experimental fue un explante.

### **Proporción de sales minerales del medio MS y concentración de sacarosa en la multiplicación de brotes de cuatomate**

Con el propósito de eliminar indicios de vitrificación en las plántulas, se utilizaron explantes de 1 cm de largo provenientes de yemas axilares. En ellos se evaluaron tres proporciones (50, 75 y 100%) de sales del medio MS y tres concentraciones (20, 30 y  $40 \text{ g L}^{-1}$ ) de sacarosa, en un arreglo factorial  $3^3$  en diseño completamente al azar con cinco repeticiones, la unidad experimental constó de un frasco con cinco explantes.

## **Tipo y concentración de citocininas en la multiplicación de brotes de cuatomate**

De las plántulas con buenas características provenientes de los ensayos anteriores, se obtuvieron nuevos explantes que se establecieron en el medio MS para su multiplicación. Se evaluaron dos citocininas: kinetina y 2-isopenteniladenina (2iP) a tres concentraciones (0.5, 1.0 y 2.0 mg L<sup>-1</sup>) en un arreglo factorial 2x3 con diseño completamente al azar con cinco repeticiones, la unidad experimental fue un explante.

### **Enraizamiento *in vitro* (Fase III)**

Los mejores brotes del ensayo anterior se indujeron a rizogénesis mediante dos auxinas ANA y AIB a tres concentraciones (0.2, 0.5 y 1.0 mg L<sup>-1</sup>) en arreglo factorial 2x3 establecido en diseño completamente al azar con cinco repeticiones, la unidad experimental fue un explante. Se utilizaron plántulas provenientes del ensayo anterior de 5 cm de longitud con 4 hojas completamente extendidas, las cuales se cultivaron en el medio MS con su respectiva concentración hormonal.

### **Aclimatación de plantas (Fase IV)**

Como se indicó antes, en esta fase no se realizó ningún experimento, a todas las plántulas que desarrollaron raíces en el ensayo anterior se les proporcionó el mismo manejo, para iniciar su adaptación a las condiciones del ambiente externo. Dicho manejo consistió en lo siguiente: las plántulas se sacaron cuidadosamente de los frascos con pinzas desinfectadas, se les eliminaron los restos de agar y se sumergieron durante 5 minutos en una solución con 6 g L<sup>-1</sup> de Benomilo (Metil 1-butilcarbamol-2 bencimidazol carbamato). Posteriormente se colocaron en charolas con turba (musgo *Sphagnum*) previamente esterilizada en autoclave de tipo vertical a 121 °C durante 15 minutos. Enseguida, las charolas se cubrieron con plástico transparente para proteger a las plántulas de la deshidratación y se colocaron en la cámara de aclimatación, en la cual las condiciones ambientales se mantuvieron así: humedad relativa a 75%,

fotoperiodo de 12 horas de luz con lámparas fluorescentes, luminosidad de 800-900 lux ( $24.5 \mu\text{mols}^{-1} \text{m}^2$ ) y temperatura de 22 a 25 °C.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Establecimiento del cultivo aséptico (Fase I)

En esta etapa se detectó significancia para explantes contaminados y con brote (Cuadro 5). El medio de cultivo sólo tuvo efecto en la primera variable y la concentración de hipoclorito de sodio en ambas.

Cuadro 5. Análisis de varianza (cuadrados medios y significancia) del efecto de medio de cultivo (MED) y concentración de hipoclorito de sodio (CONC), en tres variables medidas en explantes de cuatomate en la etapa de establecimiento *in vitro*.

Fuente	GL	Contaminados	Explantes Necrosados	Con brote
MED	1	0.062 <sup>ns</sup>	0.390 <sup>ns</sup>	0.765*
CONC	3	0.541*	0.473 <sup>ns</sup>	0.765**
MED*CONC	3	0.020 <sup>ns</sup>	0.015 <sup>ns</sup>	0.057 <sup>ns</sup>
ERROR	56	0.142	0.252	0.180

NS: no significativo; (\*)  $P \leq 0.05$ ; (\*\*)  $P \leq 0.01$ .

Hubo más explantes brotados en el medio MS (40.63%) que en el WPM (18.75%), las diferencias fueron de más del doble, estadísticamente distintas (Cuadro 6).

En este sentido, algunos autores como González (1999), García *et al.* (2003) y Hernández (2004) también obtuvieron brotes de cuatomate con el medio MS. Con el mismo medio se han obtenido brotes en Chile (Sanatombi y Sharma, 2006), tomate y jitomate (Kokkiralala, *et al.*, 2005; Contreras *et al.*, 2003); esto parece indicar que el medio MS es adecuado para la propagación *in vitro* de solanáceas. El hecho de que en el medio WPM haya habido menor cantidad de explantes brotados, posiblemente se deba a que el cuatomate es una especie semileñosa, con mayor semejanza a las plantas herbáceas que a las leñosas, en las cuales se ha tenido éxito con el WPM para la inducción de brotes (Ocampo y Núñez, 2007; Parada y Villegas, 2009).

Cuadro 6. Efecto del medio de cultivo en los porcentajes de explantes con brote de cuatomate, en la etapa de establecimiento del cultivo *in vitro*.

Medio de cultivo	Explantes con brote
Murashigue y Skoog	40.63 a <sup>z</sup>
Woody Plant Medium	18.75 b
DMS	21.30

<sup>z</sup> Valores con la misma letra en cada columna son estadísticamente iguales. DMS: diferencia mínima significativa (Tukey,  $P \leq 0.05$ ).

La desinfección de los explantes con 300 mL L<sup>-1</sup> de NaOCl abatió totalmente la contaminación (Cuadro 7), pero la misma concentración se asoció con la menor cantidad de explantes con brote; este comportamiento es semejante a lo reportado por García *et al.* (2003) quienes con una concentración igual obtuvieron 85% de explantes asépticos de cuatomate, de los cuales el 80% se necrosaron. En la misma especie, Hernández (2004) utilizó 130 mL L<sup>-1</sup> de hipoclorito de sodio comercial, jabón y alcohol (700 mL L<sup>-1</sup>); obtuvo 70% de explantes asépticos que también se necrosaron después.

Cuadro 7. Efecto de la concentración de hipoclorito de sodio en los porcentajes de contaminación y de explantes con brote de cuatomate, en el establecimiento del cultivo *in vitro*.

NaClO (mL L <sup>-1</sup> )	Explantes contaminados	Explantes con brote
150	43.75 a <sup>z</sup>	56.25 a
200	18.75 ab	37.50 ab
250	12.50 ab	18.75 ab
300	0.00 b	6.25 b
DMS	35.38	39.81

<sup>z</sup> Valores con la misma letra en cada columna son estadísticamente iguales. DMS: diferencia mínima significativa (Tukey,  $P \leq 0.05$ ).

Los procesos de oxidación en el establecimiento *in vitro* son causados por el efecto abrasivo del agente desinfectante, los cortes que sufre el explante, la composición del medio de cultivo, el volumen y la calidad del frasco (George 1993, Tabiyeh *et al.*, 2006,

Van Staden *et al.*, 2006, Abdelwahd *et al.*, 2008). La oxidación de los tejidos se debe a la presencia de radicales libres y a la degradación de compuestos fenólicos a quinonas (por la enzima polifenol oxidasa), compuestos químicos muy propensos a reaccionar, causar daño a los tejidos y la muerte celular (Amiot *et al.*, 1996; Bray *et al.*, 2000).

Con 150 mL L<sup>-1</sup> de NaOCl comercial se obtuvo la mayor cantidad de explantes contaminados, pero también la mayor cantidad de explantes con brotes (Cuadro 7). Las concentraciones de NaOCl comercial del 200 y 250 mL L<sup>-1</sup>, que resultaron estadísticamente iguales a las otras dos, tuvieron valores medios de explantes contaminados y de explantes con brote. González (1999), también utilizó 200 mL L<sup>-1</sup> de hipoclorito de sodio comercial y obtuvo 90% de explantes contaminados; a diferencia de este trabajo en el cual se obtuvieron únicamente 18.75%.

Los buenos resultados obtenidos en este trabajo respecto a la desinfección de los explantes, es posible que también estén asociados, al menos parcialmente, con la preparación previa de las plantas madre para prevenir ataques de patógenos. Con esto resalta la importancia de considerar la ejecución correcta de la Fase 0 en cualquier programa de propagación *in vitro*.

De acuerdo con los resultados antes descritos, en todos los ensayos subsecuentes los explantes se desinfectaron con hipoclorito de sodio (200 mL L<sup>-1</sup>) y se cultivaron en el medio MS.

## **Multiplicación de brotes (Fase II)**

### **Concentraciones de ácido Naftalenacético (ANA y benciladenina (BA) en la inducción de brotes de cuatmate**

Se encontraron diferencias significativas en la supervivencia, el número de brotes por explante, la longitud del brote, el número de hojas expandidas y el diámetro del brote. La BA afectó la supervivencia y la longitud de brotes; el ANA tuvo efecto en todas las

variables evaluadas y la interacción BA\*ANA resultó significativa en la supervivencia, los brotes por explante y el diámetro de brote (Cuadro 8).

Cuadro 8. Análisis de varianza (cuadrados medios y significancia) del efecto de Benciladenina (BA) y ácido Naftalenacético (ANA) en la supervivencia (SPV), brotes por explante (NBE), diámetro de brote (DB), longitud de brote (LB) y hojas expandidas (NHE) en explantes de cuatomate en la etapa de multiplicación de brotes *in vitro*.

FUENTE	GL	SPV	NBE	DB	LB	NHE
BA	2	1.373**	0.486 <sup>ns</sup>	0.030 <sup>ns</sup>	88.447**	1.926 <sup>ns</sup>
ANA	2	0.693**	3.530**	9.097**	74.262**	17.958**
BA*ANA	4	1.026**	1.491**	1.804**	20.068 <sup>ns</sup>	0.962 <sup>ns</sup>
ERROR	190	0.072	0.206	0.442	10.826	1.683

NS, no significativo; (\*)  $P \leq 0.05$ ; (\*\*)  $P \leq 0.01$ .

La interacción BA\*ANA indica que en general, con todas las combinaciones de ambos reguladores de crecimiento se obtuvieron niveles de supervivencia mayores de 75%, excepto con el nivel alto de BA ( $1.0 \text{ mg L}^{-1}$ ) sin ANA que sólo tuvo 40% (Figura 8). Esto indica que niveles altos de citocininas y concentraciones bajas de auxinas causan desbalances hormonales que afectan la supervivencia de los explantes.

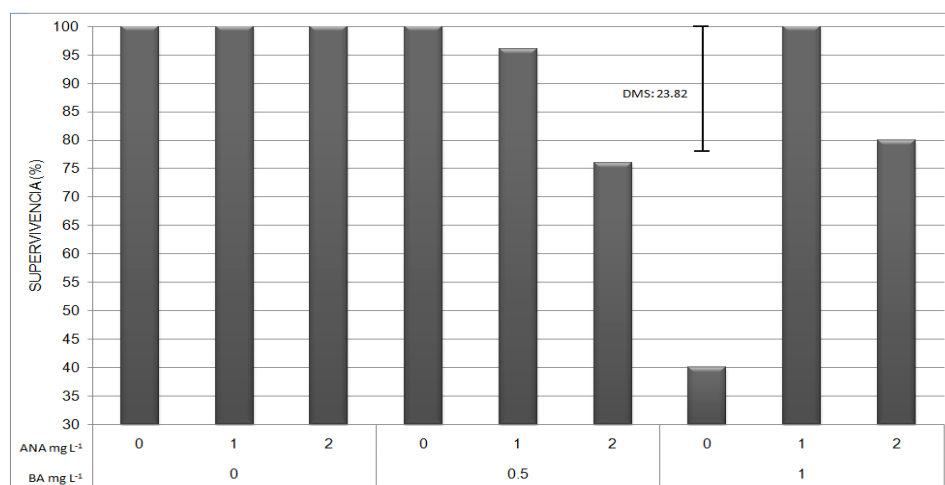


Figura 8. Interacción BA\*ANA en la supervivencia de explantes de cuatomate en la etapa de multiplicación de brotes *in vitro*. DMS: diferencia mínima significativa (Tukey,  $P \leq 0.05$ ).

No se encontraron referencias sobre la supervivencia de brotes de cuatomate en esta etapa, mucho menos relacionados con el balance entre BA y ANA; sin embargo, en

*Agave inaequidens* Koch fue innecesaria la adición de fitorreguladores para obtener 100% de supervivencia.

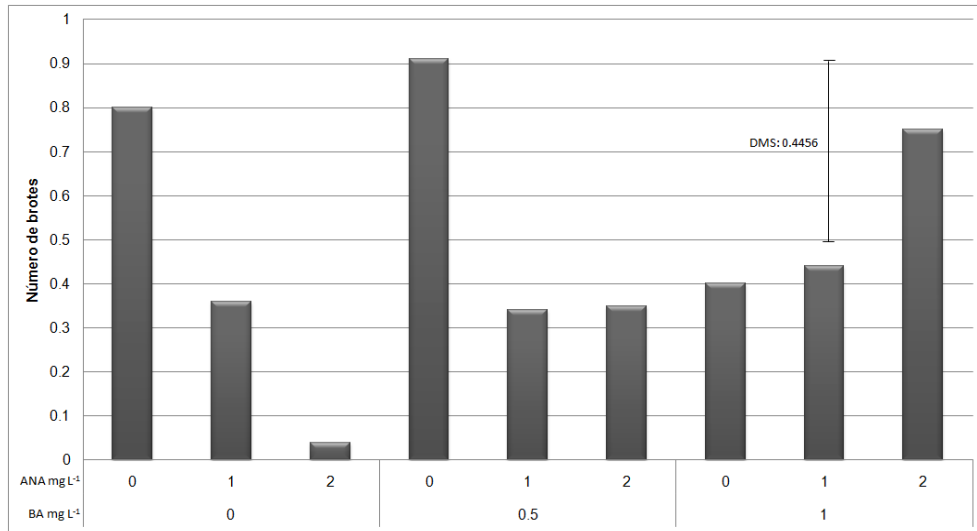


Figura 9. Efecto de la interacción de BA\*ANA en el número de brotes por explante en la fase de multiplicación del cultivo *in vitro*. DMS: diferencia mínima significativa (Tukey:  $P \leq 0.05$ ).

La interacción de BA\*ANA también afectó el número de brotes por explante, los mejores resultados se obtuvieron con 0.5 mg L<sup>-1</sup> de BA sin ANA (0.91), en ausencia de ambos reguladores (0.80) y con 1.0 y 2.0 mg L<sup>-1</sup> de BA y ANA, respectivamente (0.75). En ausencia de BA, niveles altos de ANA (2.0 mg L<sup>-1</sup>) inhibieron drásticamente la formación de brotes (Figura 9).

En la misma fase y con concentraciones similares de los reguladores, Pacheco *et al.* (2003) sólo generaron callo en *Solanum iopetalum*. Resultados parecidos obtuvieron García *et al.*, (2003) y Galaviz (2010), con menores proporciones de citocininas y auxinas.

Era de esperarse una mayor formación de brotes al utilizar concentraciones mayores de citocininas que auxinas, como ocurrió con la mejor combinación en este caso. Dicho comportamiento está fundamentado por Durand-Cresswell *et al.* (1982) y Ahuja (1993), quienes aclaran que la respuesta final dependerá de la especie, el tipo de explante, su

edad fisiológica, etc. En el sentido de explicar los otros dos casos, Margara (1988) y Pierik (1990) plantean que la obtención de brotes está en función de la relación óptima de citocininas y auxinas totales, de las cantidades aplicadas por vía exógena y de los niveles endógenos de cada especie.

En el diámetro de brote, la interacción BA\*ANA indicó que en ausencia de BA y ANA en el medio de cultivo se tuvo el mayor crecimiento; seguido de las combinaciones de 0.5 mg L<sup>-1</sup> de BA sin ANA, y de 1 mg L<sup>-1</sup> de BA sin ANA o con 2 mg L<sup>-1</sup> de ANA; todas ellas, estadísticamente iguales entre sí. En ausencia de BA, se observa un efecto antagónico con el nivel alto de ANA (Figura 10).

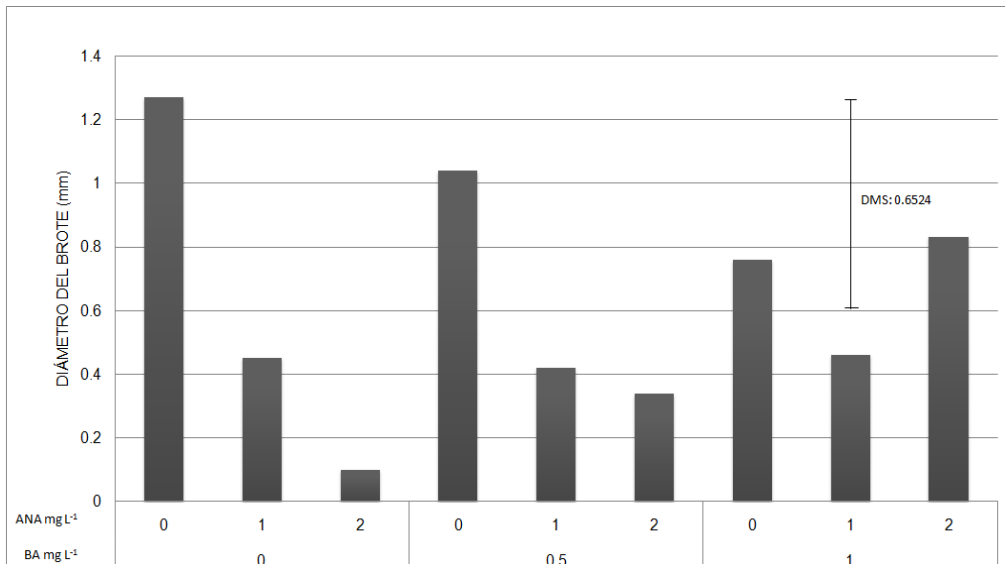


Figura 10. Interacción benciladenina (BA) por ácido naftalenacético (ANA) en el diámetro de brotes de cuatmate en la etapa de multiplicación del cultivo *in vitro*. DMS: diferencia mínima significativa (Tukey:  $P \leq 0.05$ ).

Por efecto de la concentración de BA, la mayor longitud de los brotes (3.18 cm) se registró cuando se aplicó 1.0 mg L<sup>-1</sup>, las longitudes obtenidas con los niveles bajo (1.00 cm) y alto (1.71 cm) fueron significativamente menores a las del primer caso (Figura 11).



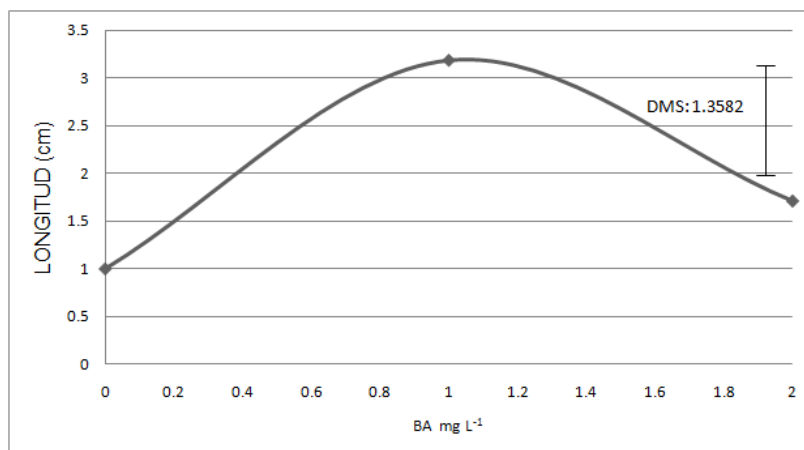


Figura 11. Efecto de BA en la longitud de brotes de cuatomate en la etapa de multiplicación del cultivo *in vitro*. DMS: diferencia mínima significativa (Tukey:  $P \leq 0.05$ ).

Se carece de referencias sobre este aspecto en cuatomate. En otras solanáceas como tomatillo (*Physalis ixocarpa* L.) y tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* (Cav.) Sendtn.) Contreras y Almeida (2003) obtuvieron mayor longitud de brotes con 2.0 mg L<sup>-1</sup> de BA; Robledo y Carrillo (2004) mencionan resultados parecidos en Chile (*Capsicum annuum* L.).

La concentración de ANA influyó negativamente en la longitud de brotes; la mayor (3.08 cm) se obtuvo en ausencia de este regulador de crecimiento y conforme se incrementó su concentración, disminuyó la longitud (Figura 12).

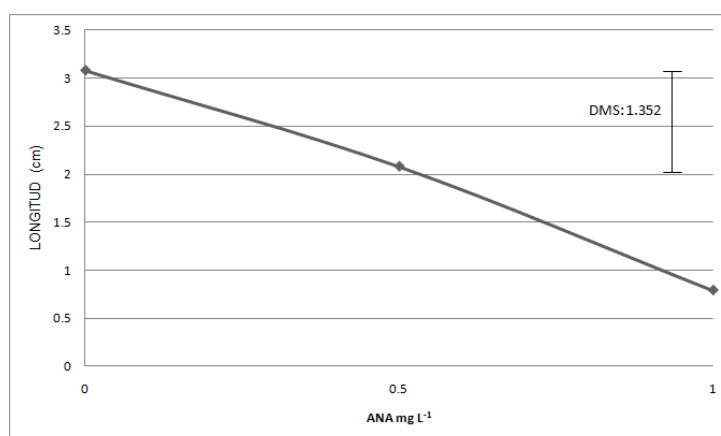


Figura 12. Efecto del ANA en la longitud de brotes de cuatomate en la etapa de multiplicación del cultivo *in vitro*. DMS: diferencia mínima significativa (Tukey:  $P \leq 0.05$ ).

Mayores concentraciones de ANA también influyeron negativamente en el número de hojas expandidas; el mayor número (1.25 hojas) se obtuvo cuando no se adicionó la hormona. La cantidad de hojas disminuyó significativamente al incrementarse la concentración de ANA (Figura 13).

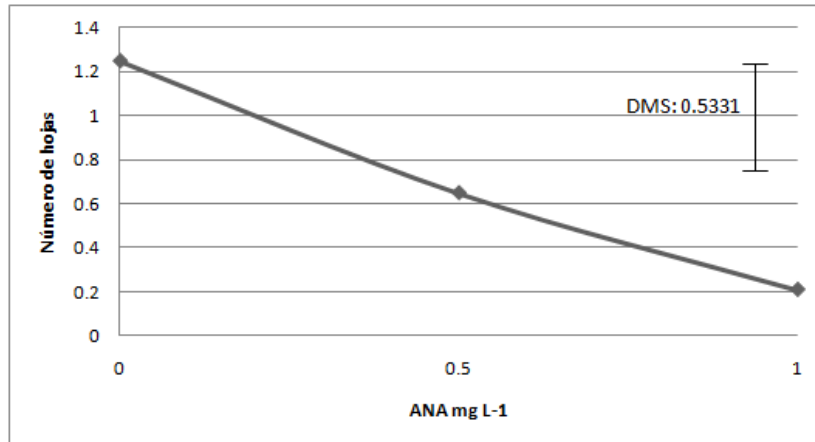


Figura 13. Efecto de ANA sobre el número de hojas expandidas en brotes de cuatomate cultivados *in vitro* (DMS: diferencia mínima significativa; Tukey:  $\leq 0.05$ ).

Estos resultados parecen rebatir la importancia de las auxinas en el crecimiento de los tejidos vegetales; sin embargo, nuevamente es necesario considerar que la respuesta final depende más que de la cantidad, del balance hormonal. En ese sentido, los niveles endógenos del material empleado juegan un papel decisivo (Margara, 1988; Pierik, 1990).

### **Posición de las yemas (explantes) respecto al ápice de la planta e inducción de brotes en cuatomate**

En este experimento no se detectaron efectos significativos para ninguna de las variables, tal vez porque las distancias entre yemas hayan sido insuficientes para que se pudieran manifestar diferencias entre ellas. Por ello, aunque todas las yemas son útiles, con fines de manejo, sólo para facilitar la extracción de las mismas, se sugiere desechar los extremos basal y apical. Además, es posible que el comportamiento de las yemas sea similar al observado en un estudio sobre la posición de estacas, donde resultaron mejor las provenientes de la parte media de la rama (Medina *et al.*, 2009)

## Proporción de sales minerales del medio MS y concentración de sacarosa en la multiplicación de brotes de cuatomete

Se encontraron diferencias significativas para la supervivencia, el número de hojas expandidas, el número de brotes por explante y la longitud del brote (Cuadro 9).

Cuadro 9. Análisis de varianza (cuadrados medios y significancia) del efecto de la proporción de sales minerales del medio (SAL) y la concentración de sacarosa (SAC), en cinco variables medidas en explantes de cuatomete cultivados *in vitro*, en la etapa de inducción de brotes.

FUENTE	GL	SPV	NHE	NBE	LB	DB
SAL	2	0.888**	46.800**	4.877**	97.389**	60.299 <sup>ns</sup>
SAC	2	0.888**	13.082 <sup>ns</sup>	0.373 <sup>ns</sup>	17.550 <sup>ns</sup>	116.862 <sup>ns</sup>
SAL*SAC	4	0.888**	10.604 <sup>ns</sup>	0.086 <sup>ns</sup>	12.348 <sup>ns</sup>	95.197 <sup>ns</sup>
ERROR	167	0.018	5.069	0.292	19.692	103.772

NS: no significativo. (\*)  $P \leq 0.05$ . (\*\*)  $P \leq 0.01$ . SPV: supervivencia. NBE: Número de brotes por explante. DB: Diámetro del brote. LB: Longitud del brote. NHE: Número de hojas expandidas.

La interacción SAL\*SAC influyó en la supervivencia y el número de hojas expandidas. En supervivencia, todas las combinaciones tuvieron 100% de supervivencia, a excepción de la que contiene 50% de sales más 40 gr L<sup>-1</sup> de sacarosa (Figura 14).

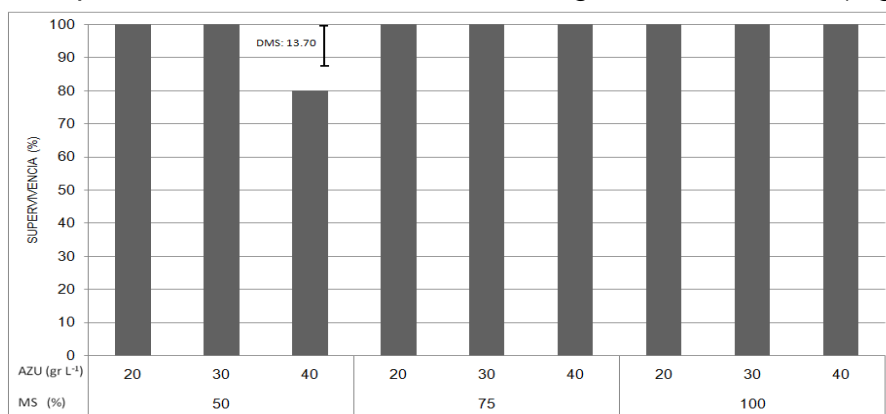


Figura 14. Interacción de la proporción de sales minerales del medio (MS) y la concentración de sacarosa (AZU) en la supervivencia de explantes de cuatomete cultivados *in vitro*. DMS: diferencia mínima significativa (Tukey,  $P \leq 0.05$ ).

Según Morard y Henry (1998) la supervivencia depende en cierta medida de la concentración de sales del medio de cultivo. En el único caso en que se observaron diferencias en el presente estudio, éstas se debieron no sólo a la proporción de sales,

sino a una combinación de los dos factores (nivel bajo de la proporción de sales con el nivel alto de la concentración de sacarosa).

También atribuido a la proporción de sales del medio de cultivo, el mayor número de hojas expandidas (2.58) se obtuvo con el 50%. El incremento de las proporciones provocó un efecto negativo en esta variable (Figura 15).

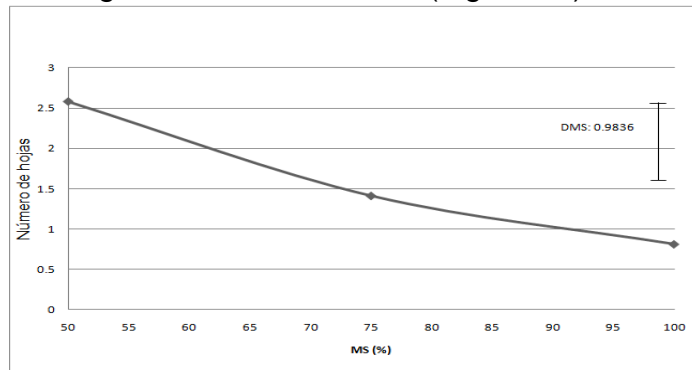


Figura 15. Efecto de la proporción de sales minerales del medio MS en el número de hojas expandidas de brotes de cuatomate cultivados *in vitro* (DMS: diferencia mínima significativa (Tukey,  $P \leq 0.05$ )).

Se carece de información sobre estos aspectos en cuatomate. Sin embargo, el área foliar de papa (*Solanum tuberosum*) fue mayor con las menores proporciones de sales (Tadesse *et al.*, 2000). En tomate de árbol silvestre (*Solanum cajanumensis*), el mayor número de hojas extendidas se obtuvo con 50% del medio MS (Yaguache, 2009). En ambos casos los resultados fueron similares a los de este trabajo.

La proporción de sales también tuvo efecto en el número y en la longitud de brotes, en ambos casos, con 100% de sales del medio MS, los valores de ambas variables disminuyeron significativamente (Figura 16).

Estos resultados son parecidos a los obtenidos por (Tadesse *et al.*, 2000) en el área foliar de papa y por (Yaguache, 2009) en el número de hojas. En ñame (*Dioscorea alata*), la mayor longitud de brotes se obtuvo con 20% de sales del medio MS, con 100% ésta disminuyó considerablemente, tal como se observó en este estudio (Royero *et al.*, 2007).

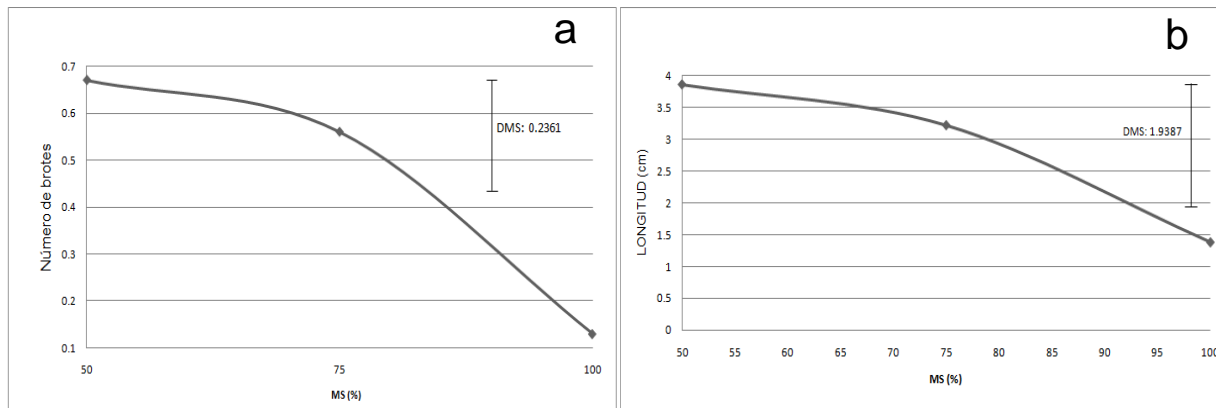


Figura 16. Efecto de la proporción de sales del medio MS en el número (a) y longitud (b) de brotes de cuatomate cultivados *in vitro*. DMS: diferencia mínima significativa (Tukey,  $P \leq 0.05$ ).

De acuerdo con estos resultados, la mejor combinación es 50% del medio MS con 20 o 30 g L<sup>-1</sup> de sacarosa; sin embargo, estos tratamientos se desecharon porque poco después de la última medición los brotes murieron. Los que sobrevivieron y mantuvieron buenas características fueron los que contenían 100% del medio MS.

### Tipo (CIT) y concentración (CONC) de citocininas en la multiplicación de brotes de cuatomate

En esta etapa se encontró significancia para supervivencia, longitud de brotes y número de hojas expandidas (Cuadro 10). El tipo de citocininas afectó tanto la longitud de brotes como el número de hojas expandidas; la concentración tuvo efecto en la supervivencia y la interacción CIT\*CONC también en la supervivencia.

Cuadro 10. Análisis de varianza (cuadrados medios y significancia) del efecto del tipo (CIT) y concentración (CONC) de citocininas en cinco variables medidas en explantes de cuatomate en la etapa de multiplicación de brotes *in vitro*.

FUENTE	GL	SPV	LB	NHE	NBE	DB
CIT	1	0.133 <sup>ns</sup>	223.542*	68.933*	0.118 <sup>ns</sup>	0.621 <sup>ns</sup>
CONC	2	0.933**	39.597 <sup>ns</sup>	1.991 <sup>ns</sup>	0.006 <sup>ns</sup>	1.011 <sup>ns</sup>
CIT*CONC	2	0.933**	91.449 <sup>ns</sup>	1.540 <sup>ns</sup>	0.063 <sup>ns</sup>	3.709 <sup>ns</sup>
ERROR	94	0.112	34.476	11.032	0.250	2.033

NS: no significativo. (\*)  $P \leq 0.05$ . (\*\*)  $P \leq 0.01$ . SPV: supervivencia. NBE: Número de brotes por explante. DB: Diámetro del brote. LB: Longitud del brote. NHE: Número de hojas expandidas.

La interacción CIT\*CONC indica que niveles iguales o menores de 1.0 mg L<sup>-1</sup> de kinetina y 1.0 mg L<sup>-1</sup> de 2iP se asociaron con 100% de supervivencia; cualquier otra combinación disminuyó significativamente los valores de la variable (Figura 17). Estos resultados demuestran que cada tipo de citocininas requiere de una concentración óptima específica para la multiplicación de brotes de cuatomate.

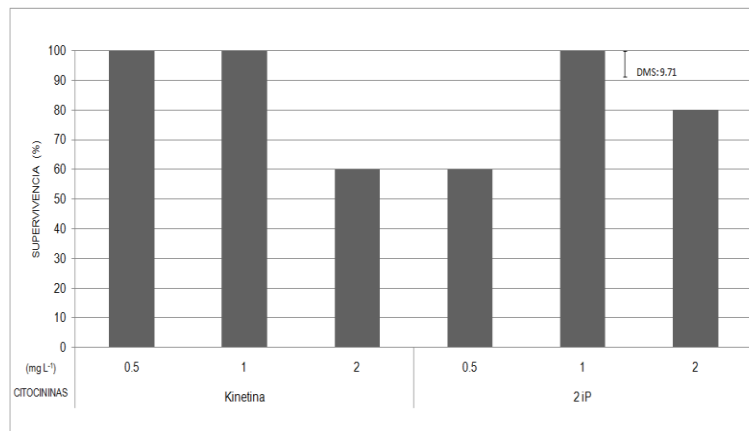


Figura 17. Interacción tipo de citocinina por concentración en la supervivencia de brotes de cuatomate en la etapa de multiplicación *in vitro*. DMS: diferencia mínima significativa (Tukey, P ≤ 0.05).

El efecto del tipo de citocinina en la longitud de brotes y en el número de hojas expandidas fue muy similar, en ambos casos los valores más altos (6.63 cm y 3.85 hojas, respectivamente) se obtuvieron con 2iP; tanto la altura como el número de hojas disminuyó significativamente con el uso de kinetina (Figura 18).

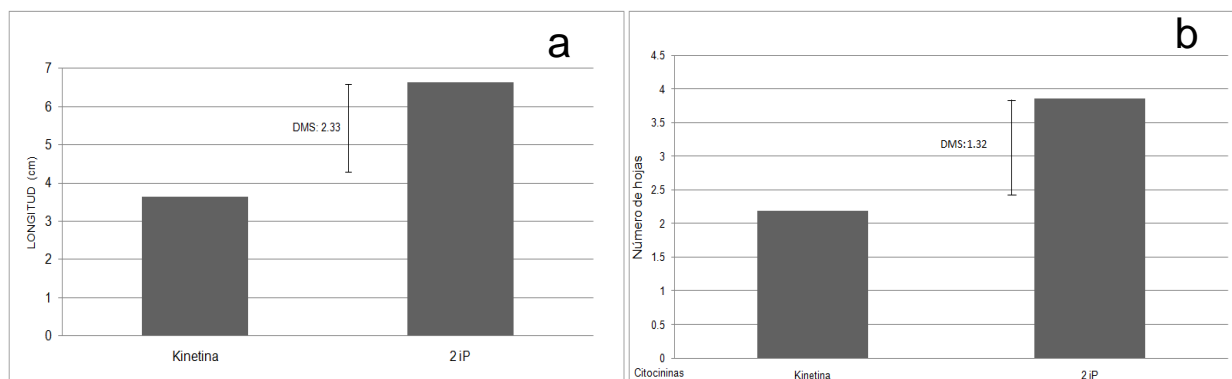


Figura 18. Efecto del tipo de citocininas en la longitud de brotes (a) y en el número de hojas expandidas (b) de cuatomate en la fase de multiplicación *in vitro*. DMS: diferencia mínima significativa (Tukey, P ≤ 0.05).

En *Furcraea macrophylla*, Martínez y Pacheco (2006) también se obtuvieron brotes más largos con 2iP que con kinetina. En *A. cupreata*, con 2iP se produjeron hasta 10 brotes por explante Domínguez *et al.* (2008). Por lo anterior, para multiplicar brotes de bambú el uso de 2iP es la mejor opción.

### Enraizamiento *in vitro* (Fase III)

El análisis de varianza detectó efectos significativos en número de brotes por explante, longitud de brote, número de hojas expandidas, diámetro de brote, número y longitud de raíces (Cuadro 11). El tipo de auxina modificó el número de hojas expandidas, la longitud y el diámetro de brote; en tanto que la concentración sólo tuvo efecto en el diámetro de brote; la interacción auxina por concentración afectó todas las variables, excepto supervivencia.

Cuadro 11. Análisis de varianza (cuadrados medios y significancia) del efecto del tipo (AUX) y concentración (CONC) de auxinas en siete variables medidas en explantes de cuatmate en la etapa de enraizamiento *in vitro*.

FUENTE	GL	SPV	NBE	LB	NHE	DB	NR	LR
AUX.	1	0.008 <sup>ns</sup>	0.549**	108.507**	1.049 <sup>ns</sup>	0.947*	13.513 <sup>ns</sup>	0.477 <sup>ns</sup>
CONC.	2	0.000 <sup>ns</sup>	0.065 <sup>ns</sup>	22.717 <sup>ns</sup>	1.324 <sup>ns</sup>	0.666*	3.711 <sup>ns</sup>	171.09 <sup>ns</sup>
<b>AUX*CONC</b>	2	0.033 <sup>ns</sup>	0.418**	48.517**	16.247**	1.251**	40.935*	188.287*
ERROR	111	0.025	0.076	9.776	2.469	0.144	8.794	57.278

NS: no significativo. (\*)  $P \leq 0.05$ . (\*\*)  $P \leq 0.01$ . SPV: supervivencia. NBE: Número de brotes por explante. DB: Diámetro del brote. LB: Longitud del brote. NHE: Número de hojas expandidas. NR: Número de raíces. LR: Longitud de raíces.

La interacción AUX\*CONC indica que la mayor cantidad de brotes por explante (1.15) se obtuvo con 1.0 mg L<sup>-1</sup> de AIB, seguido por las demás combinaciones de auxina y concentración; las cuales resultaron estadísticamente iguales respecto a la primera, con excepción de la de 1.0 mg L<sup>-1</sup> de ANA (Figura 19a).

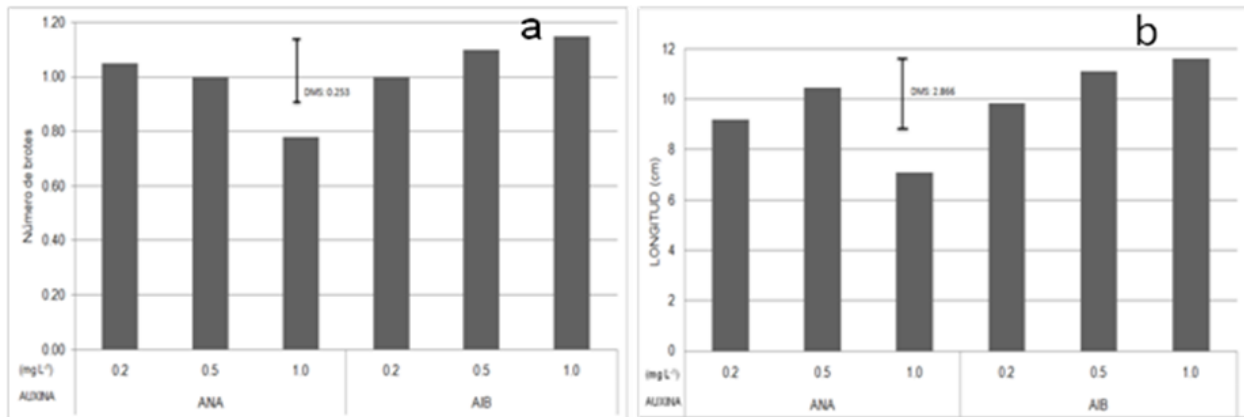


Figura 19. Interacción auxina por concentración en el número (a) y longitud (b) de brotes de cuatomate en la fase de enraizamiento *in vitro*. DMS: diferencia mínima significativa (Tukey,  $P \leq 0.05$ ).

Respecto a la longitud del brote se observó un comportamiento muy similar al de la variable anterior (Figura 19 a y b), pues la mayor elongación (11.10 cm) se registró con 1.0 mg L<sup>-1</sup> de AIB en tanto que la menor (7.11 cm) se obtuvo con 1.0 mg L<sup>-1</sup> de ANA. Las diferencias significativas entre las dos combinaciones tanto en número como en longitud de brotes (Figura 19 y 20), permitieron detectar el efecto del tipo de auxina, sólo a concentraciones de 1.0 mg L<sup>-1</sup> de cada una. En *Gmelina arborea*, el AIB en concentraciones de 2.0 mg L<sup>-1</sup> generó brotes de hasta 12 cm de largo (Ruiz *et al.*, 2005), tal como en el presente trabajo, con la mitad de la concentración anterior (1.0 mg L<sup>-1</sup>).

En el diámetro de brote (Figura 20a), los valores más altos se registraron con 0.2 y 1.0 mg L<sup>-1</sup> de ANA (1.40 y 1.38 mm respectivamente) en tanto que los menores se obtuvieron con 1.0 mg L<sup>-1</sup> de ANA y 0.5 mg L<sup>-1</sup> de AIB (0.88 y 0.91 mm, respectivamente); entre las demás combinaciones no se detectaron diferencias significativas. En cuanto al número de hojas expandidas (Figura 20b), el comportamiento fue similar al observado en el número y longitud de brotes (Figura 20a y b). El mayor (4.9 hojas) y menor (3.31 hojas) número se registraron con 1.0 mg L<sup>-1</sup> de AIB y ANA, respectivamente. Ruiz *et al.* (2005) en *Gmelina arborea*, obtuvieron diámetros de 1.6 a 1.7 mm con 0.0 y 1.0 mg L<sup>-1</sup> de auxina, respectivamente. Segovia *et al.* (2002) en *Solanum quitoense* sólo obtuvo de dos a tres hojas con 0.2 mg L<sup>-1</sup> de



ANA, un poco más de la mitad de las producidas en este estudio con el mismo tratamiento.

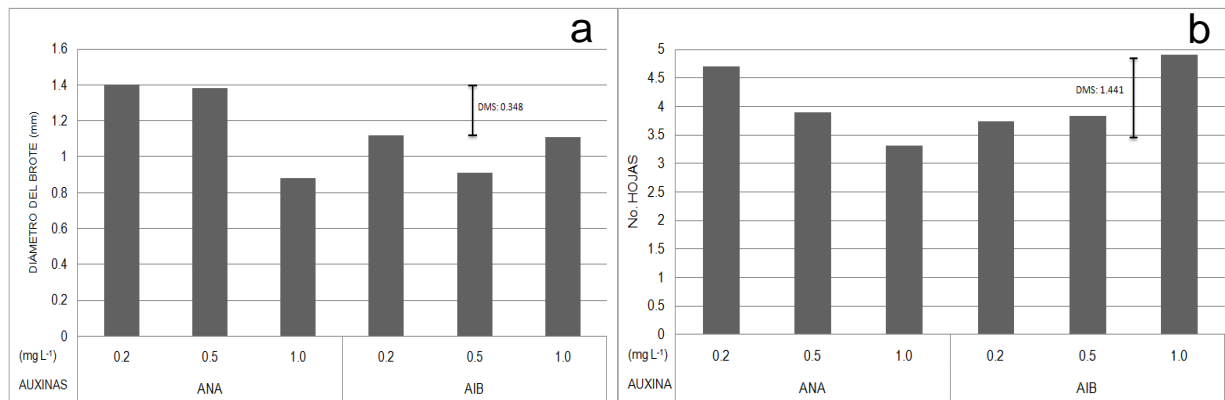


Figura 20. Interacción auxina por concentración en el diámetro de brote (a) y el número de hojas expandidas (b) de cuatomate en la fase de enraizamiento *in vitro*. DMS: diferencia mínima significativa (Tukey,  $P \leq 0.05$ ).

Con relación a las raíces, la mayor cantidad (4.35 raíces) se obtuvo con 1.0 mg L<sup>-1</sup> de AIB; la misma concentración de ANA generó el menor (1.31 raíces) número (Figura 21a); Entre las demás combinaciones no hubo diferencias significativas. Ruiz *et al.* (2005) encontraron que el AIB resultó muy efectivo para generar raíces en *Gmelina arborea*, pero a concentración de 2.0 mg L<sup>-1</sup>.

En cuanto a longitud de raíz (Figura 21b), la más larga se obtuvo con 1.0 mg L<sup>-1</sup> de AIB (10.76 cm). El menor crecimiento se registró con 0.5 mg L<sup>-1</sup> de la misma hormona. Entre niveles de ANA no hubo diferencias significativas.

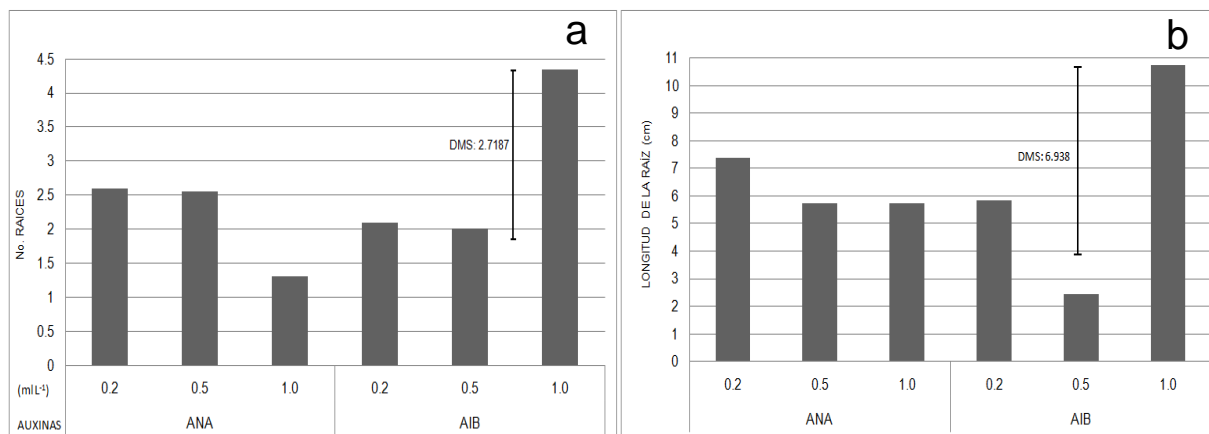


Figura 21. Interacción auxina por concentración en el número (a) y longitud (b) de raíces de cuatomate cultivado *in vitro*. DMS: diferencia mínima significativa (Tukey:  $P \leq 0.05$ ).

Mejía *et al.* (2006) también obtuvieron buenos resultados (80%) con  $0.5 \text{ mg L}^{-1}$  de AIB para enraizar papa ratonera (*Oaxilis tuberosa*); con esto se corrobora la eficacia del AIB para inducir la formación de raíces en solanáceas como papa y cuatomate. Rojas *et al.* (2004), aclaran que la proliferación de raíces no depende sólo de la concentración de hormonas aplicadas, sino también de los niveles de auxinas endógenas; cuya combinación determina los resultados finales.

En la Figura 22 se muestra en imágenes, el comportamiento observado por las raíces de cuatomate por efecto del tipo y concentración de auxinas.

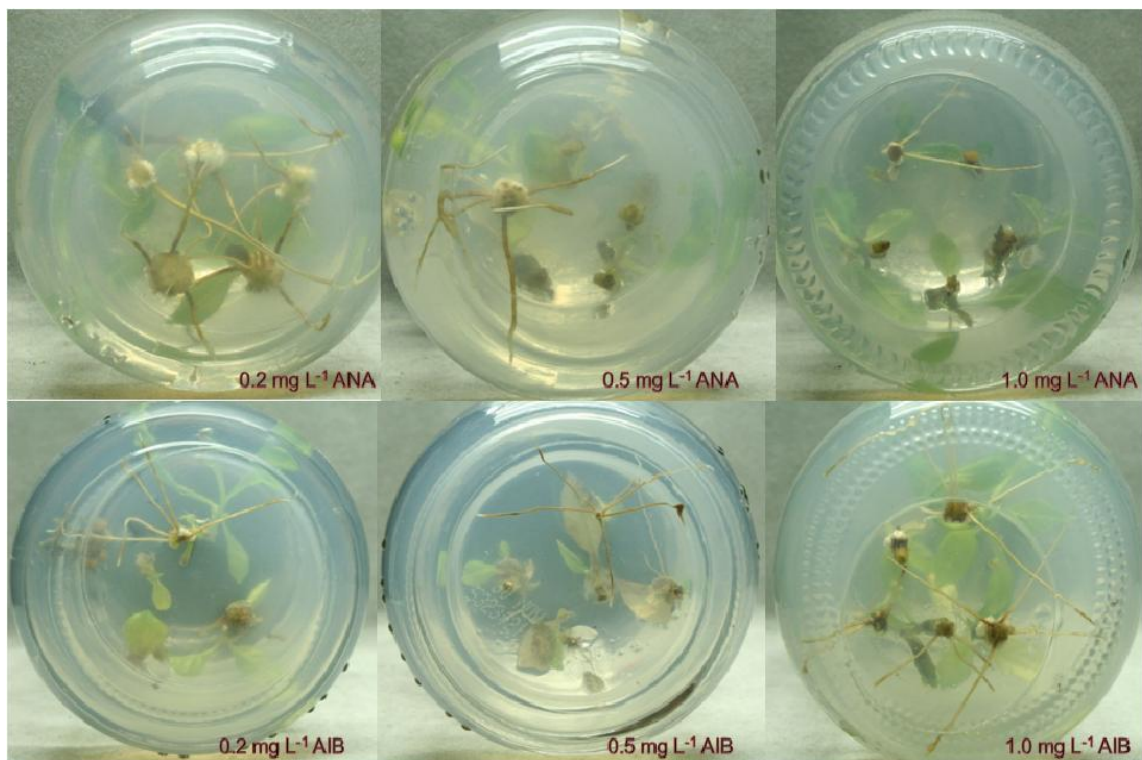


Figura 22. Efecto del tipo y concentración de auxinas en el enraizamiento *in vitro* de cuatomate (*Solanum glaucescens* Zucc.). ANA: ácido naftalén acético. AIB: ácido indol butírico.

#### **Aclimatación de plantas (Fase IV)**

Treinta días después del establecimiento de las plántulas en el sustrato, 100% de ellas sobrevivieron al proceso de aclimatación. Además del cuidado con el que se manejaron las plantas y las condiciones ambientales favorables que se les proporcionaron durante esta etapa, la respuesta obtenida es muy probable que esté relacionada con el hecho

de que fueron producidas y seleccionadas mediante proceso rigurosos. Lo anterior corrobora que la calidad intrínseca del material vegetal cultivado *in vitro*, es el factor más importante en la fase de aclimatación del mismo (Debergh, 1991).

Durante el proceso de aclimatación, la totalidad de las plántulas presentaron desprendimiento de la hoja inferior y produjeron nuevos brotes, vellosidades en las raíces y en el follaje, como resultado de haber modificado su estado fisiológico (Figura 23).



Figura 23. Proceso de aclimatación de plántulas de cuatmate propagadas *in vitro*: a) desprendimiento de la hoja inferior, b) aparición de nuevos brotes, c y d) expansión de hojas.

## CONCLUSIONES

La propagación *in vitro* de cuatmate a partir de yemas axilares es posible.

En la etapa de establecimiento del cultivo *in vitro*, la desinfección con hipoclorito de sodio comercial ( $200 \text{ mL L}^{-1}$ ) y el uso del medio MS resultó ser la mejor alternativa.

En la etapa de inducción de brotes de cuatmate, es innecesaria la adición de ANA sola o combinada con citocininas al medio de cultivo.

Para la multiplicación de los brotes, la adición de  $1.0 \text{ mg L}^{-1}$  de 2 iP al medio MS completo repercute en mayores porcentajes de supervivencia, número y longitud de los mismos.

En la etapa de enraizamiento, los mejores resultados se obtuvieron al adicionar  $1.0 \text{ mg L}^{-1}$  de AIB al medio MS completo.

Con el manejo cuidadoso proporcionado a las plántulas (desinfección con Benomilo), uso de turba esterilizada como sustrato, protección contra deshidratación y colocación en cámara de aclimatación) se obtuvo el 100% de plantas aclimatadas.

### **III. CONCLUSIONES GENERALES**

El conocimiento tradicional del cuatomate es fundamental para el desarrollo de tecnologías que ayuden a elevar y a superar los problemas a los que se enfrentan los productores. Por tanto, es urgente poner especial atención en las personas y huertos donde se conserva, reproduce y transmite el conocimiento.

Por otra parte, la propagación de cuatomate *in vitro* a partir de yemas axilares es posible. Se tiene que poner especial atención en la fase cero, ya que se garantiza la obtención de plantas completamente sanas. También, para la inducción de brotes, no es conveniente el uso de ANA por su acción antagónica en esta fase; para la multiplicación de brotes, se recomienda una concentración de  $1.0 \text{ mg L}^{-1}$  de 2- iP; para la rizogénesis  $1.0 \text{ mg L}^{-1}$  de AIB y para la aclimatación, el buen manejo de las plantas y el uso de peat moss incrementa los niveles de supervivencia.

El conocimiento tradicional y el cultivo *in vitro* del cuatomate, es un binomio que se puede conjugar para poder dar respuesta a una necesidad planteada por los campesinos de la Mixteca Baja Poblana. Por ello, es importante la implementación de un programa de domesticación integral que fusione al conocimiento campesino y las técnicas convencionales; así como la incorporación de los centros de investigación para propagar, distribuir y proteger al cuatomate, con el fin de evitar un futuro saqueo fitogenético por agentes externos.

#### **IV. ESTRATEGIA PARA DESARROLLAR EL CULTIVO DE CUATOMATE EN LA MIXTECA BAJA POBLANA.**

##### **INTRODUCCIÓN**

En la Mixteca Baja Poblana existe una diversidad de especies de importancia económica y cultural como el cuatomate que no se han aprovechado adecuadamente. Por las limitantes del desarrollo tecnológico o la falta de conocimiento, se recurre a prácticas como la extracción, que pueden conducir al exterminio de cualquier especie.

Actualmente, el cuatomate ha cobrado relevancia, debido a ello existe una demanda insatisfecha, tanto a nivel regional como entre la población originaria de esta región que radica en los Estados Unidos de Norteamérica. Por esta razón, se ha incrementado la venta del fruto y el precio, que a su vez propician que aumente la recolección de frutos y la extracción de plantas en su hábitat natural, con su consecuente deterioro biológico. La demanda del fruto también está favoreciendo su proceso de domesticación, por lo que se ha empezado a establecer y producir en terrenos agrícolas y en traspatios de la región. Sin embargo, aún existen muchas deficiencias en el proceso de producción, por lo que se hacen necesarias acciones encaminadas a su conservación y aprovechamiento sostenible.

Por otra parte, debido a que la Mixteca Poblana es una área de alta marginación y expulsora de mano de obra hacia los Estados Unidos de Norteamérica, se deben promover y fomentar alternativas de desarrollo regional, como puede ser el cultivo a mayor escala de especies como el cuatomate, que además de su importancia económica y cultural, contiene 24% de proteína, lo que le confiere un alto contenido nutrimental y lo coloca como un complemento alimenticio ideal para este tipo de regiones. Por lo anterior, se propone una estrategia cuyo objetivo es desarrollar el cultivo del cuatomate en la Mixteca Baja Poblana, cuyos elementos se muestran en la Figura 24.

## ELEMENTOS DE LA ESTRATEGIA PROPUESTA

### Coordinación

Es un esfuerzo organizativo constante en todas las organizaciones sea cual sea el tamaño, tipo y la complejidad. El diseño organizativo está basado en conceptos de “división de trabajo”, paradójicamente, al ser la organización de productores un ente con un objetivo común, surge la necesidad de coordinar para armonizar los esfuerzos estructurados con arreglo al modelo organizativo elegido.

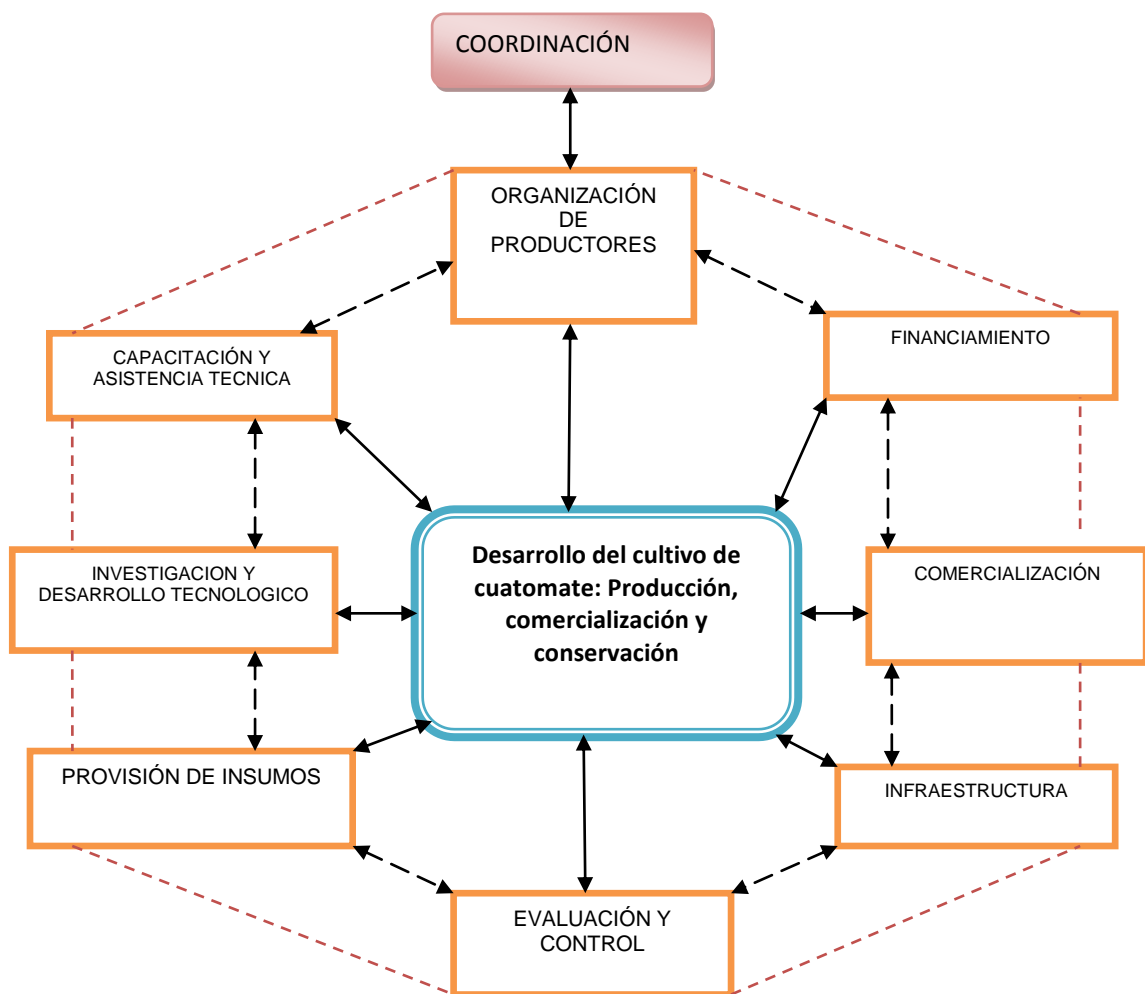


Figura 24. Elementos de la estrategia para el desarrollo del cultivo de cuatomate en la Mixteca Baja Poblana (Adaptado de García *et al.*, 2004 y Jiménez, 2010).

## **Organización de productores**

Niño (1993), define la organización como el proceso por medio el cual un sujeto colectivo distribuye, entre los sujetos individuales que lo componen, diversas tareas, medios y poder necesarios para lograr objetivos y propósitos compartidos por ellos. Según Thompson (2007), la organización es un sistema integrado por sujetos con intereses comunes cuya estructura esta diseñada para que los recursos humanos, financieros, naturales, físicos, entre otros, de forma coordinada, ordenada y regulada por un conjunto de normas logren determinados fines.

El propósito es que exista igualdad, libertad de participación, toma de decisiones, tener acceso a financiamiento, crédito, empleos, fomentar innovaciones provecho y satisfacción de los beneficios, así como evitar prestamistas e intermediarios en el sector agropecuario. Por ello, los productores son los actores principales para desarrollar el proyecto de cuatmate en sus terrenos y traspatios. Por las características que tienen las instituciones, la coordinación será asumida por la Organización de productores.

## **Financiamiento**

Para el sector agropecuario, se puede definir como el conjunto de recursos generados o que pueden ser transferidos de algún otro sector de la economía, con el propósito de fomentar adecuadamente la producción agropecuaria, procurando el capital necesario para los gastos y/o desarrollo de las exportaciones, contemplando la industrialización y comercialización de los mismos.

En este sentido, es fundamental el financiamiento de manera adecuada y oportuna de todo proyecto, por ello, es importante constituirse como organización de productores de cuatmate. Se propone a las instituciones financieras y crediticias como: FIRA, FONAES, SDR, FUPUE y familiares de migrantes.

## **Investigación y desarrollo tecnológico**

Es el estudio a fondo que se hace de un fenómeno determinado, donde se clasifican los hechos de cualquier género, se observan sus mutuas relaciones y se describe cómo se suceden, todo esto usando el método científico. El cuatomate como una especie endémica de la región, se enfrenta a grandes retos, porque es completamente nueva para el mundo; pues no existe información suficiente de esta especie. Por ello, su investigación es elemental, por tanto, se necesita una descripción morfológica, fitoquímica y molecular de toda la planta. Describir los tipos de cuatomate que existen en la región, el mejoramiento genético, su nutrición, balance nutrimental del fruto, describir las regiones en la Mixteca donde mejor fructifica; la transformación del producto para darle valor agregado, cultivo *in vitro*, propagación de esquejes, el proceso productivo en los huertos como son: siembra, estacado, poda, riego, polinización, tutoreo, manejo de plagas y enfermedades, cosecha y comercialización; por último, obtener la denominación de origen de la especie para su protección y obtener beneficios. Conjuntando el conocimiento campesino, se requiere de las instituciones de investigación y educativas.

## **Capacitación y asistencia técnica**

Esta actividad práctica tiene por objeto crear un proyecto enfocado a la transmisión de conocimientos en materias de: organización, administración, mejoras del proceso productivo, nuevas tecnologías, sustentabilidad, salud ocupacional, protección jurídica y comercialización, partiendo de un diagnóstico. Por otra parte, la asistencia técnica, se orienta a atender una necesidad específica vinculada al proceso productivo, mediante la incorporación de nuevas tecnologías y la transferencia de conocimientos específicos con el fin de resolver problemas dentro del proceso de producción y/o correcciones técnicas en la elaboración de la pieza artesanal, actualizar el diseño y uso de materiales. En este aspecto, la capacitación y asistencia técnica se ejecutarán por las agencias de desarrollo rural como el Programa Especial para la Seguridad Alimentaria (PESA-FAO) y el Instituto Tecnológico de Tecamatlán. Esta actividad estará enfocada principalmente a mujeres.



## **Comercialización**

El comité de productores de cuatomate debe abrir canales de comercialización a nivel local e internacional. Debido a las condiciones propias de la Mixteca, hay dos nichos de mercado en la región. El primero está compuesto por las plazas más importantes de la región donde se comercializa el cuatomate: Tulcingo del Valle, Píaxtla, Tehuizingo y Acatlán de Osorio. El segundo nicho es la exportación hacia los Estados Unidos de América en el mercado internacional conocido como “de la Nostalgia”. En ambos casos se pretende acopiar toda la producción para distribuirlos directamente en las plazas o procesarlos para su exportación, evitando al máximo a los intermediarios para que el beneficio sea directamente al productor.

## **Infraestructura**

Se define como el conjunto de elementos o servicios que están considerados como necesarios para que una organización pueda funcionar, o bien, para que una actividad se desarrolle efectivamente. Por ello, es la base material de una sociedad y la que determina el desarrollo, por la interacción que existe de las fuerzas productivas y las relaciones de producción que en la misma se dan.

La infraestructura necesaria para implementar el cultivo de cuatomate en la región de la Mixteca Baja Poblana debe contar con viveros, parcelas demostrativas, sistemas de riego, centro de acopio, transporte, vías de comunicación, talleres agroindustriales y un laboratorio de cultivo *in vitro*.

## **Provisión de insumos**

La materia prima, son semillas, plantas, fertilizantes, fungicidas, insecticidas que se adquieren en las casas comerciales o con organizaciones de productores. Por tanto, este proceso se relaciona directamente con el financiamiento que se obtiene por los programas estatales y federales; así como las aportaciones de los miembros de la organización.

Esta adquisición estará en función de las necesidades de los huertos de los productores, con el fin de satisfacer en tiempo y forma cada uno de los insumos necesitados con el fin de no detener el proceso productivo. Por ello, los técnicos y profesionistas del ITT, deben entregar sus reportes oportunamente para que la adquisición de estos insumos se haga al mismo tiempo y se ahorre tiempo y recursos económicos.

### **Evaluación y control**

Esta actividad se refiere fundamentalmente a determinar el grado de éxito en el logro de los objetivos propuestos, es recomendable que se realice en forma paralela a la ejecución de los planes para tener oportunidad de realizar acciones correctivas en su momento; se requiere por tanto, tener información oportuna acerca de lo que esta sucediendo en la realidad regional, para estar en condiciones de determinar el logro de los objetivos y metas formulados por el proyecto. Las desviaciones más importantes que se detecten deberán ser corregidas en el menor plazo posible replanteando incluso la estrategia y las acciones que se hayan establecido.

En este sentido, se conformará un grupo interdisciplinario que cuente con evaluador de cada una de las instituciones financieras, técnicas, educativas y de investigación para evaluar los objetivos planteados y hacer replanteamientos de los mismos. Estos contarán con un plan anual y su revisiones serán constantes, asimismo sus evaluaciones serán mensuales, trimestrales y anuales.

### **ACTORES**

La presente estrategia tiene como actor principal al productor. Estos definirán la participación de instituciones financieras, educativas, de investigación, así como autoridades municipales que tendrán el objetivo único de apoyar el desarrollo del cultivo del cuatomate en la Mixteca Baja Poblana.

## **FUNCIÓN SUSTANCIAL DE LOS ACTORES**

### **Productores**

Son los sujetos principales del proyecto ya que se harán responsables directamente del mismo, pero estarán en contacto directo con las instituciones educativas, financieras, de investigación y autoridades municipales que lo proveerán de financiamiento, asesoría técnica, asesoría legal y vías de comercialización.

### **Instituciones Gubernamentales**

La SDR, CADER, DDR 06 son las responsables directas para la gestión federal de los recursos económicos, sobre la explotación de los recursos; son promotores de las cadenas de valor, convenios a largo plazo y precios de garantía con diversas instituciones privadas.

### **Instituciones financieras**

Las instituciones que aportan el apoyo económico en base a un proyecto son FUPUE, FIRA y FONAES.

### **Instituciones Educativas**

Están conformadas por el Instituto Tecnológico de Tecamatlán (ITT), Centro de Bachillerato Tecnológico agropecuario No. 110 (CBTa 110) y Colegio de Postgraduados (CP). Estas son encargadas de dar asesoría técnica, investigación, capacitación y que contribuirán al fortalecimiento para el desarrollo productivo del cuatomate en la Mixteca Baja Poblana. Así mismo, son los responsables de la propagación de plantas de cuatomate.

### **Autoridades Municipales**

Dentro de sus funciones primordiales esta informar a la población sobre el programa, dar aval jurídico en el municipio y generar condiciones para que la organización se desarrolle en plenitud.

## **CONTRIBUCIÓN DEL TRABAJO REALIZADO A LA ESTRATEGIA PROPUESTA**

Actualmente, el cuatomate ha recobrado una importancia económica y social en la Mixteca Baja Poblana, esto ha generado mayor interés por parte de los campesinos productores de cuatomate porque se ha convertido en un medio de sustento para su familia. Con base en ello, las instituciones de la región se ven en la necesidad de dar una respuesta.

La contribución de la presente investigación aporta en dos ejes principales; el primero, es que da a conocer el grado de desarrollo del conocimiento que los campesinos tienen acerca del cuatomate en todo el proceso productivo en la Mixteca Baja Poblana; la forma en que transmite este conocimiento, el valor y el uso que les da a sus recursos y los métodos que utiliza para reproducir y conservar sus recursos naturales. Esto nos permite entender desde su origen al cultivo y el interés de los campesinos por domesticar esta especie. Así mismo, aporta las bases fundamentales para el desarrollo de tecnologías del cultivo de cuatomate y evita cometer errores en aras de acelerar su domesticación.

El segundo eje es el cultivo *in vitro*, el cual aporta un nuevo método de propagación de cuatomate, pero sobre todo supera su principal problema reproductivo que es la heterostilia; esta contribución al agro mexicano complementa el último eslabón con fines de propagación, ya que el cuatomate se propaga por semilla, por estacas, por esquejes y por injertos, pero requiere de grandes cantidades de material vegetal. El cultivo *in vitro* de cuatomate tendrá la posibilidad de obtener miles de plantas fértiles en cantidad y calidad, optimizar los recursos naturales y lograr una explotación sostenible.

### **PROTOCOLO DE PROPAGACION *in vitro* DE CUATOMATE**

Obtener plantas fértiles de cuatomate por estacas o esquejes, el sustrato a utilizar debe componerse de materia orgánica y previamente esterilizado. Aislar en un invernadero para controlar la cantidad de luz, humedad y sanidad. Asimismo, se tienen que tratar contra plagas y enfermedades para evitar la transmisión de microorganismos a la

cámara de siembra; para erradicar los hongos se recomienda aplicar  $0.5 \text{ mg L}^{-1}$  de Tiofanato metil cada ocho o quince días de acuerdo a las condiciones climáticas. Para el ataque de acaraos es altamente recomendable el uso de Citrolina emulsificada a razón de  $0.5 \text{ mL L}^{-1}$  cada vez que se presenten estas plagas.

### **Fase I**

Para el establecimiento aséptico se recomienda realizar la siembra en un medio MS adicionando con  $1.0 \text{ mg L}^{-1}$  de BA, tiamina ( $0.4 \text{ mg L}^{-1}$ ), mio-inositol ( $100 \text{ mg L}^{-1}$ ), sacarosa ( $30 \text{ g L}^{-1}$ ) y agar ( $6 \text{ g L}^{-1}$ ), en frascos de  $220 \text{ mL L}^{-1}$  de capacidad con  $20 \text{ mL L}^{-1}$  de medio. Utilizar secciones de tallo con la yema axilar de 1 cm de longitud; tomando en cuenta a partir de la 2da hasta la 6ta posición de la yema, contabilizando desde el ápice hacia la base. Los explantes deben ser tratados con hipoclorito de sodio comercial (6%) en una concentración de  $200 \text{ mL L}^{-1}$  durante 20 minutos.

### **Fase II**

En la inducción de brotes, se recomienda tomar los brotes más vigorosos obtenidos en la fase anterior y hacer secciones de 1 cm para colocarlos en un medio de cultivo MS completo adicionado con  $1.0 \text{ mg L}^{-1}$  de 2-iP (2-isopenteniladenina); utilizar frascos de  $750 \text{ mL L}^{-1}$  de capacidad con  $200 \text{ mL L}^{-1}$  de medio para tener un espacio adecuado en el desarrollo de los brotes.

### **Fase III**

El enraizamiento de las plántulas se debe realizar cuando los brotes tengan aproximadamente 5 cm de longitud con cuatro hojas completamente extendidas. La extracción de las plántulas debe realizarse en la cámara de flujo laminar. Los brotes deben transferirse a un medio MS completo adicionado con  $1.0 \text{ mg L}^{-1}$  de AIB en frascos de  $750 \text{ mL L}^{-1}$  de capacidad con  $200 \text{ mL L}^{-1}$  de medio.

#### **Fase IV**

En la aclimatación de las plántulas se debe extraer del medio de cultivo a las plantas que presenten de 3 a 4 raíces verdaderas con una longitud de 5-7 cm y 4 hojas expandidas. Las plántulas se deben extraer con pinzas desinfectadas con mucho cuidado para no dañarlas; posteriormente, eliminar los residuos de agar; una vez que estén limpias, sumergir las plántulas a una solución de Benlate<sup>®</sup> (Metil 1-butilcarbamol-2 bencimidazol carbamato) 0.06% y colocarlas de manera individual en vasos de unicel con *peat moss* previamente esterilizado. Posteriormente, mantener las plántulas con una humedad relativa de 75%, un fotoperiodo de 12 horas de luz con lámparas fluorescentes y una luminosidad de 800-900 lux ( $24.5 \mu\text{mols}^{-1} \text{m}^2$ ), y una temperatura aproximada de 22-25 °C durante el día.

Por último, cuando las plantas presenten pubescencia en tallo y hojas y se desprendan las hojas inferiores y se presente un nuevo brote, es recomendable trasplantar a bolsas en un sustrato que tenga 50% de suelo y 50% de materia orgánica.

## V. BIBLIOGRAFÍA

- Abdelwahd, R., N. Hakam., M. Labhilili and S. Udupa. 2008. Use of an adsorbent and antioxidants to reduce the effects of leached phenolics *in: in vitro* plantlet regeneration of faba bean. *African Journal of Biotechnology* 7: 997-1002.
- Ahuja, M. 1993. Biotechnology and clonal forestry. In Ahuja M y W Libby (Eds.). *Clonal Forestry I: genetics and biotechnology*. Institute of Forest Genetics. Germany. p. 135-144.
- Altieri, M. A. 1991. ¿Por qué estudiar la agricultura tradicional?”. *In: Revista Agroecología y desarrollo*. Consorcio Latinoamericano de Agroecología y Desarrollo. pp. 16-24.
- Altieri, M. A. 1993. “Desarrollo sostenible y pobreza rural: Una perspectiva Latinoamericana”. *In: Agroecología Ciencia y Aplicación*. CLADES. Berkeley, California. pp. 349-375.
- Amiot, M.; Forget, F.; Goupy, P. 1996. Polyphenol, oxidation and colour: progress in the chemistry of enzymatic and non-enzymatic derived products. *Herba-Polonica* 42: 237-247.
- Ball, J. B; Braatz, S. y Chandrasekharan, C. 1995. Cuando los árboles no dejan ver el bosque (Dossier). *In: revista de la FAO sobre agricultura y desarrollo*. Balance de la revolución verde: nuevas necesidades, nuevas estrategias. 154: 24-30.
- Barrios, E., M. Bekunda, R. Delve, A. Esilaba, y J. Mowo. 2000. Methodologies for Decision Making in Natural Resource Management: Identifying and Classifying Local Indicators of Soil Quality. Eastern Africa Version. CIAT, SWNM, TSBF, AHI. Disponible en: [www.prgaprogram.org/pnrm/isq\\_indicators.htm](http://www.prgaprogram.org/pnrm/isq_indicators.htm).
- Barrueto, L. A., S. Machado, A. Carvhaleira, y A. C. Brasileiro. 1999. Plant regeneration from seedling explant of *E. grandis* x *E. urophylla*. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*. 56: 17-23.
- Basurto, F., V. Evangelista, M. Mendoza y A. Aguilar. 2008. Biodiversidad y Seguridad Alimentaria en el Norte de Puebla, México. *In: Seguridad Alimentaria en Puebla: Prioridad Para el Desarrollo*. Reyes A. E. y J.A. Paredes S. (Coordinadores). Colección “La Agricultura en Puebla” Serie “Seguridad Alimentaria” 2. Colegio de

- Postgraduados *Campus* Puebla. Secretaría de Desarrollo Rural del Gobierno del Estado de Puebla. *Altres Costa-Amic*. pp. 256-270.
- Bray, E., S. J. Bailey and E. Weretilnyk. 2000. Responses to abiotic stresses. *In*: Buchanan, B; Gruissem, W; Jones, R. eds. *Biochemistry and molecular biology of plants*. American Society of Plant Physiologists. Maryland, USA. p. 1158-1203.
- Caracciolo, D. M., P. Tsakoumagkos, C. Rodríguez S. y M. C. Borro. 1981. Esquema conceptual y metodología para el estudio de tipos de establecimientos agropecuarios con énfasis en el minifundio. *El minifundio en la Argentina (segunda parte)*. Secretaria de Agricultura y Ganadería de la Nación. Servicio Nacional de Economía y Sociología Rural. Grupo de Sociología rural. Buenos Aires. 77 p.
- Castillo G. F. 1993. La variabilidad genética y el mejoramiento genético de los cultivos. *Revista de la Academia de la Investigación Científica*. pp: 69-79.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe. 1986. *Economía campesina y agricultura empresarial (Tipología de productores del agro mexicano)*. Siglo Veintiuno. 339 p.
- Chayanov, V.A. 1974. *La Organización de la Unidad Económica Campesina*. Ediciones Nueva Visión, Buenos Aires Argentina. 342 p.
- Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA). 2004. *Maíz y Biodiversidad. Efectos del maíz transgénico en México. Conclusiones y recomendaciones*. Montreal, Canadá. 38 p.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2000. *Aspectos Etnobotánicos de *Phaseolus coccineus* y *Phaseolus polyanthus* en la sierra norte de Puebla, México*. Tesis de Maestría en Ciencias. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. 62 p.
- Contreras, I. y J. Almeida. 2003. Micropropagación del tomatillo (*Physalis ixocarpa* L.) *Revista de la Facultad de Farmacia*. 45: 61-64
- Contreras, I. y J. A. Puentes. 2003. Micropropagación del tomate de árbol (*Cyphomandra betacea* (Cav.) Sendtn.), solanaceae silvestre usada en la alimentación humana. *Revista Forest*. 47: 9-13.



- Coria, N. G.; Pérez, P. A.; Sarquís, R. J.; Cantú, S. I.; González, R. H.; Gómez, M. M. 2004. Regeneración de la planta de papa (*Solanum tuberosum* L.) *in vitro* a partir del estolón. Ciencia UANL. 7: 361-370.
- Cuevas S., J. y E. Estrada L. 1988. Unidad de estudios Etnobotánicos: una estrategia de investigación interdisciplinaria en recursos fitogenéticos. XII Congreso Nacional de Fitogenética. Universidad Autónoma Chapingo. SOMEFI. 41 p.
- Debergh, P. C. 1991. Acclimatization techniques of plants from *in vitro*. Acta Hort. 289: 291-299.
- Durand-Cresswell, R. M., F. Boulay A. 1982. Vegetative propagation of *Eucalyptus*. In Bonga J y D Durzan eds. Tissue culture in forestry. Martinus Nijhoff, The Hague pp. 150-181.
- Estrella, J., R. Manosalvas, J. Mariaca y M. Ribadeneira. 2005. Biodiversidad y Recursos Genéticos: Una Guía Para su Uso y Acceso en el Ecuador. Ediciones Abya Yala. Quito, Ecuador. 116 p.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2000, El estado mundial de la agricultura y la alimentación, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, Italia.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2004. Tratado Internacional sobre Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, Italia.
- Galaviz, L. L. 2010. Micropropagación *in vitro* de cuatomate (*Solanum glaucescens* Zucc). Tesis de licenciatura. Instituto Tecnológico de Tecamatlán. Tecamatlán, Puebla. México. 67 p.
- García H., E., B. Peña O., N. Estrella C., F. Manzo R. y R. Delgado W. 2004. Componentes de una Estrategia para el Desarrollo Agrícola Regional en Pinos, Zacatecas: El Nopal Tunero como su Elemento Central. Comunicaciones en Socioeconomía, Estadística e Informática 2004. 8: 83-102.
- García, B. G., M. Guzmán B., y C. Martínez S. 2003. Producción y propagación "*In vitro*" del Cuatomate (*Solanum glaucescens* Zucc). Tesis de licenciatura. Instituto Tecnológico Agropecuario No. 32. Tecamatlán, México. 45 p.

- George, E. 1993. Plant propagation by tissue culture; part 1. The technology. 2 ed. Exegetics Limited. England. 574 p.
- González, E. V. 1999. Estudio preliminar sobre la producción de cuatomate (*Solanum glaucescens* Zucc) por medio de la técnica *in vitro*. Tesis de Licenciatura. Instituto Tecnológico Agropecuario No. 32. Tecamatlán, Puebla. México. 75 p.
- Gutman, Pablo. 1988. Desarrollo Rural y Medio Ambiente en América Latina. Centro de Estudios Regionales. Buenos Aires. 136 p.
- Hernández, V. M. 2004. Inducción del vástago y raíz con explantes foliares de Cuatomate (*Solanum glaucences* Zucc) a diferentes concentraciones de ANA y BAP. Memoria de Residencia Profesional. Enero del 2004. Instituto Tecnológico Agropecuario No. 32. Tecamatlán, Puebla. México. 60 p.
- Hernández, X., E. 1981, Agroecosistemas de México. Chapingo. UACH. p. 42
- Hernández, X. E y Ramos R. A. 1977. "Metodología para el estudio de agroecosistemas con persistencia de tecnología agrícola tradicional". In: Agroecosistemas de México. Hernández X., E. (ed.). Colegio de Postgraduados, ENA, México. pp: 321-333.
- Herrera-Cabrera B. E., F. Castillo-González, J. J. Sánchez-González, M. Hernández-Casillas y R. A. Ortega-Pazkca. 2004. Diversidad del maíz chalqueño. Agrociencia. 38: 191-206.
- Hervé, P. A., M. Jauneaud, M. Paques, J., A. Boudet, C. Teulieres. 2001. A procedure for shoot organogenesis *in vitro* from leaves and nodes of an elite *Eucalyptus gunnii* clone: comparative histology. Plant Science 161: 645-653.
- Hessen, J. 1996. Teoría del conocimiento. In: Teoría del Conocimiento, el Realismo Critico, los Juicios Sintéticos "a priori". Francisco Larroyo (comp.). Ed. Porrúa. México. pp: 1-66.
- Jiménez S. L. 2010. Estrategias de Desarrollo Agrícola Regional: Lecciones, Retos y Perspectivas. Foro de Vinculación para el Desarrollo Sustentable, Texcoco, Estado de México. 43 p.
- Johnson, M. 1992. Lore: Capturing Traditional Environmental Knowledge. Ottawa: Dene Cultural Institute/IDRC. Pp. 91-110.
- Kay, R. 1993. Fruticultura (Ciencia y Arte). AGT Editor. México. D.F. 451 P.

- Kokkiralala, V., R., K. Kasula, P. Umate, S. Telakalapalli J., R. Alleni V., and S. Abbagani. (2005). Induction of multiple shoots from leaf segments, in vitro-flowering and fruiting of a dwarf tomato (*Lycopersicum esculentum*). Journal of Plant Physiology. India. 162: 959-962.
- Laffitte O., C., L. Nápoles B., A. Pérez M., N. Peralta B. y R. Trujillo S. 2004. Regeneración de brotes adventicios en hojas de guayaba (*Psidium guajava* L.) cultivadas *in vitro*. Revista Colombiana de Biotecnología. 6: 54-61
- Lardet L., M. Aguilar, N. Michaux-Ferrière, and M. Berthouly. 1998. *In vitro* Cell. Dev. Biol.-Plant 34: 34-40.
- Lima E., F. Carvalho R., A. Tulman N., A. Figueira, y P. Lázaro E. 2004. Micro-MsK: a tomato genotype with miniature size, short life cycle, and improved in vitro shoot regeneration. Plant Science. 167: 753–757.
- Margara, J. 1988. Multiplicación vegetativa y cultivo *in vitro*: Los meristemos y la organogénesis. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. España. 232 p.
- Martínez, M. L. 2004. Proceso de domesticación de cuatomate (*Solanum glaucescens* Zucc.) en la Mixteca Poblana. ITa. No. 32, Tecamatlán. Memoria de residencia profesional. México. 33 p.
- Martínez, M. y J. C. Pacheco. 2006. Protocolo para la micropropagación de *Furcraea macrophylla* Baker. 24: 207-213.
- Marx, K. 1978. El Capital. Tomo I. *In*: Marx K., Sociología y Filosofía Social. Barcelona. Ediciones Península. 278 p.
- Medina, G., A., N. Gutiérrez R., M. E. Pedraza S., I. Ocampo F. y P. A. López. 2009. Propagación por estaca del Cuatomate (*Solanum glaucescens* Zucc.), un recurso genético promisorio en la Mixteca Poblana. Universidad Autónoma de Chiapas. Agricultura sostenible. 6: 434-439.
- Medina, R., M., N. Sepúlvera A. y M. Murillo. 2008. *In vitro* regeneration of plants from leaf explants of lulo chocoano, *Solanum sessiliflorum* Dunal, organogenesis way. Biodiversidad y Desarrollo 27: 92-95.
- Mejía, M., J., S. Gonzales C., R. Mora A. y J. Rodríguez P. 2006. Propagación *in vitro* de papa ratona (*Oaxis tuberosa* Mol). Revista Chapingo Serie Horticultura. 12: 231-237.

- Morard P. and Henry, M. 1998. Optimization of the mineral composition of *in vitro* culture media. Journal of Plant Nutrition. 21 :1565-1576.
- Niño, V. E. 1993. Conciencia individual y conciencia colectiva en el desarrollo social general. en Navarro, Martínez, Escalona (coords.), Enfoques y perspectivas en el desarrollo rural. México. Colegio de Postgraduados.
- Ocampo, F. y F. M. Núñez. 2007. Propagación *in vitro* de *Psidium guajaba* mediante organogénesis directa a partir de segmentos nodales. Propagación vegetal y cultivo de tejidos. Revista Corpoica. 8: 22-27.
- Pacheco, S., M., H. Lozoya S. y M. Colinas L. 2003. Reguladores de crecimiento con el frío en la androgénesis *in vitro* de *Solanum iopetalum* L. Agrociencia. 37: 257-265.
- Parada, P., D. M. y A. Villegas Monter. 2009. Propagación *in vitro* del híbrido Almendro X Durazno H1. Revista fitotecnia Mexicana. 32: 103-109.
- Pierik, R. 1990. Cultivo *in vitro* de las plantas superiores. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España. 326 p.
- Programa Especial para la Seguridad Alimentaria. 2010. PESA-FAO. [En Línea]. Disponible en <http://www.pesamexico.org/> (Revisado el 15 de junio de 2011).
- Puddephat, I., P. Alderson and N. Wright. 1997. Journal of Experimental Botany 48: 951-962.
- Robledo P., A., y G. Carrillo C. 2004. Regeneración *in vitro* de plantas de Chile (*Capsicum annuum* L.) mediante cultivo de cotiledones e hipocótilos. Revista Fitotecnia Mexicana 27: 121-126.
- Rojas G. S., J. García L. y M. Alarcón R. 2004. Propagación asexual de plantas. Conceptos Básicos y Experiencias con Especies Amazónicas. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. CORPOICA. Programa Nacional de Transferencia de Tecnología, Pronatta. Colombia. 56 p.
- Royero M., T. E. Vargas y M. Oropeza. 2007. Micropropagación y Organogénesis de *Dioscorea alata* (ÑAME). Interciencia, Abril, 2007. 32: 247-252.
- Ruiz G. R., J. J. Vargas H., V. M. Cetina A. y A. Villegas M. 2005. Efecto del ácido Indolbutírico (AIB) y tipo de estaca en el enraizamiento de *Gmelina arborea* Roxb. Revista Fitotecnia Mexicana 28:319-326.

- Rzedowski, J., 1978, La vegetación de México, Limusa, México, D.F. 432 p.
- Sanatombi, K. and J. Sharma G. 2007. Micropropagation of *Capsicum frutescens* L. using axillary shoot explants. *Scientia Horticulture*. 113: 96-99.
- Sánchez-Carrillo D. y Valtierra-Pacheco E. 2003. La organización social para el aprovechamiento de la palma camedor (*Chamaedora spp.*) en la selva Lacandona, Chiapas. *Agrociencia* 37: 545-552.
- Sanz A. S. 2003. Indagando en los orígenes Aristotélicos del pensamiento de Marx. *Nómadas* No. 8. Julio-Diciembre. Universidad Complutense de Madrid, España.
- Segovia V., I. Sánchez., A. Mejía, R. Roca W. y Z. Lentini. 2002. Micropropagación Regeneración de Lulo (*Solanum quitoense*) por organogénesis. Poster. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. 1 p.
- Sevilla, G. D. 1995. La agroecología como marco teórico para el desarrollo rural. Material presentado en el curso agroecología y desarrollo sostenible, en la Universidad Internacional de Andalucía, del 16 al 20 de enero de 1995. 16 p.
- Tabiyeh, D., F. Bernard and H. Shacker 2006. Investigation of glutathione, salicylic acid and GA3 effects on browning in *Pistacia vera* shoot tips culture. *Acta Horticulturae* 726: 201-204.
- Tadesse, M., W., M. Lommen J. y C. Struik P. (2000). Effects on *in vitro* treatments on leaf area growth of potato transplants during acclimatization. *Plant Cell Tiss. Org. Cult.* 61: 59-67.
- Toledo, V. M. 1990. La perspectiva etnológica; Cinco reflexiones acerca de las “ciencias campesinas” sobre la naturaleza con especial referencia a México. centro de Ecología, UNAM. pp: 22-29.
- Toledo, V. M. 1993, “La racionalidad ecológica de la producción campesina” en Sevilla, G.E. y González, De M. M., ed, *Ecología, campesinado e Historia*, La piqueta, Madrid. pp: 197-218.
- Toledo, V. M., J. Carabias J., C. Mapes y C. Toledo. 1985. Ecología y autosuficiencia alimentaria. Hacia una opción basada en la diversidad biológica, ecológica y cultural de México, Siglo XI, México. 118 p.

- Trindade H., J. F., and A. Pais R. 1990. The role of cytokinin and auxin in rapid multiplication of shoots of *Eucalyptus globulus* grown *in vitro*. Australian Forestry 53: 221-223.
- Van, S. J., C. Fennell and N. Taylor. 2006. Plant stress *in vitro*: the role of phytohormones. Acta Horticulturae 725: 55-62.
- Vargas, M. O. 1998. Estudio etnobotánico y caracterización agronómica del cuatomate (*Solanum glaucescens* Zucc), en la región Mixteca Baja Poblana. Tesis profesional, UACH. Chapingo, México. 111 p.
- Villa, A. L., M. Sánchez A., I. Valbuena R. y E. Roosevelt. 2007. Evaluación preliminar de técnicas de crioconservación en una accesión de *Solanum phureja*. Revista Corpoica. 8: 50-59
- Yaguache, C. A. 2009. Germinación, brotación y conservación *in vitro* de *Solanum Cajanumensis*, Kunth (Tomate de árbol silvestre). Tesis profesional. UCL. Loja, Ecuador. 59 p.